

(19) 日本國特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-163637  
(P2003-163637A)

(43)公開日 平成15年6月6日(2003.6.6)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	酸別記号	F I	デマート*(参考)
H 0 4 B 10/02		H 0 3 M 13/45	5 J 0 6 0
H 0 3 M 13/45		H 0 4 L 25/03	5 K 0 2 9
H 0 4 B 10/04		H 0 4 B 9/00	M 5 K 1 0 2
10/06			Y
10/14			

審査請求 未請求 請求項の数34 O.L (全 42 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2002-129116(P2002-129116)	(71)出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(22)出願日	平成14年4月30日(2002.4.30)	(72)発明者	澤田 和重 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2001-278422(P2001-278422)	(72)発明者	久保 和夫 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
(32)優先日	平成13年9月13日(2001.9.13)	(74)代理人	100066474 弁理士 田澤 博昭 (外1名)
(33)優先権主張国	日本(JP)		

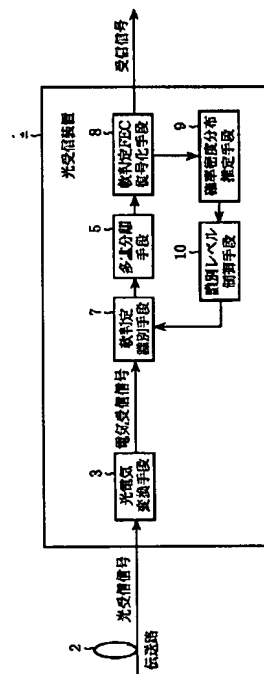
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光受信装置

(57) 【要約】

【課題】 伝送品質を向上させる光受信装置を得る。

【解決手段】 電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を出力する軟判定識別手段7と、多値の識別信号を直列並列変換し、多値の並列信号を出力する多重分離手段5と、多値の並列信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化手段8と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定手段9と、確率密度分布に基づいて軟判定識別手段7における複数の識別レベルを制御する識別レベル制御手段10とを備えた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光受信信号を電気受信信号に変換する光電気変換手段と、上記光電気変換手段によって変換された電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を出力する軟判定識別手段と、上記軟判定識別手段によって出力された多値の識別信号を直列並列変換し、多値の並列信号を出力する多重分離手段と、上記多重分離手段によって出力された多値の並列信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定誤り訂正復号化手段と、上記軟判定誤り訂正復号化手段によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定手段と、上記確率密度分布推定手段によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御する識別レベル制御手段とを備えた光受信装置。

【請求項2】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を  $2^n - 1$  個 ( $n$  は自然数) の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された  $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された  $n$  ビット並列符号をビット毎に多重分離する  $n$  個の多重分離回路と、上記多重分離回路によって多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項3】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を  $2^n - 1$  個 ( $n$  は自然数) の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$  個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された  $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された  $n$  ビット並列符号および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器によって識別された識別結果をビット毎に多重分離する  $n + 1$  個以上の多重分離回路と、上記多重分離回路によって  $n$  ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信

頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項4】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を  $2^n$  個 ( $n$  は自然数) 以上の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された  $2^n$  個以上の識別器の識別結果から  $2^n - 1$  個の識別器の識別結果を選択するセレクトと、上記セレクトによって選択された  $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された  $n$  ビット並列符号をビット毎に多重分離する  $n$  個の多重分離回路と、上記多重分離回路によって多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記セレクトにおける  $2^n - 1$  個の識別器の選択信号を出力する識別器選択制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項5】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を  $2^n - 1$  個 ( $n$  は自然数) の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$  個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された  $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された  $n$  ビット並列符号および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器によって識別された識別結果をビット毎に多重分離する  $n + 2$  個以上の多重分離回路

と、上記多重分離回路によって $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項6】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（ $n$ は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別結果を選択するセレクタと、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された $n$ ビット並列符号および上記セレクタによって選択された上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、上記多重分離回路によって $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器、または識別位相を掃引する

1個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項7】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（ $n$ は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された $n$ ビット並列符号および上記軟判定識別器の識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、上記多重分離回路によって $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記多重分離回路によって識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基

づいて上記軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項8】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（ $n$ は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された $n$ ビット並列符号および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、上記多重分離回路によって $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記軟判定FEC復号化回路による誤り訂正後の誤りカウント数に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項9】 光受信信号を電気受信信号に変換する光電気変換手段と、上記光電気変換手段によって変換された電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を出力する軟判定識別手段と、上記軟判定識別手段によって出力された多値の識別信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定誤り訂正復号化手段と、上記軟判定誤り訂正復号化手段によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定手段と、上記確率密度分布推定手段によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御する識別レベル制御

手段とを備えた光受信装置。

【請求項10】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（ $n$ は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された $n$ ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項11】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（ $n$ は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された $n$ ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項12】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n$ 個（ $n$ は自然数）以上の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n$ 個以上の識別器の識別結果から $2^n - 1$ 個の識別器の識別結果を選択するセレクトと、上記セレクトによって選択された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列

符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された $n$ ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記セレクトにおける $2^n - 1$ 個の識別器の選択信号を出力する識別器選択制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項13】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（ $n$ は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された $n$ ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項14】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（ $n$ は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器を設け

て、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別結果を選択するセレクトと、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された $n$ ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器、または識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項15】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（ $n$ は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された $n$ ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記軟判定識別器の識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御す

る閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項16】 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（ $n$ は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された $n$ ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記軟判定FEC復号化回路による誤り訂正後の誤りカウント数に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

【請求項17】 閾値制御回路は、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御することを特徴とする請求項2または請求項10記載の光受信装置。

【請求項18】 確率密度分布推定回路は、 $2^n - 1$ 個の識別器のうちの少なくとも1つ以上の判別結果、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、閾値制御回路は、上記確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布

が最適な分布になるように、識別レベルを制御することを特徴とする請求項3または請求項11記載の光受信装置。

【請求項19】 確率密度分布推定回路は、識別レベルを掃引する1個以上の識別器の判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、閾値制御回路は、上記確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布に基づいて、 $2^n - 1$ 個の識別器から得られる確率密度分布が最適な分布になるように、識別レベルを制御することを特徴とする請求項3または請求項11記載の光受信装置。

【請求項20】 識別器選択制御回路は、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、セレクトにおける $2^n - 1$ 個の識別器の選択信号を出力することを特徴とする請求項4または請求項12記載の光受信装置。

【請求項21】 最適な確率密度分布は、正規分布であることを特徴とする請求項17から請求項20のうちのいずれか1項記載の光受信装置。

【請求項22】 符号化器は、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの中央の識別レベルでの硬判定の識別結果と、中央の識別レベル以外の識別結果に基づくその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる $n$ ビット並列符号に符号化することを特徴とする請求項2から請求項4および請求項10から請求項12のうちのいずれか1項記載の光受信装置。

【請求項23】 符号化器は、中央の識別レベル以外の識別結果として有り得ない識別結果が出力された場合に、優先度情報に従って符号化することを特徴とする請求項22項記載の光受信装置。

【請求項24】 優先度情報は、識別結果のうちの中央の識別レベルでの識別結果ほど優先度を高くすることを特徴とする請求項23記載の光受信装置。

【請求項25】 符号化器は、中央の識別レベル以外の識別結果として有り得ない識別結果が出力された場合に、符号化可能なパターンへ訂正するビット数が最も少ないパターンに訂正し、訂正後のパターンが複数ある場合には、中央の識別レベルでの識別結果ほど訂正が無いパターンを訂正パターンとし、その訂正パターンに応じて信頼度情報を生成することを特徴とする請求項22記載の光受信装置。

【請求項26】 符号化器は、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの高い識別レベルに設定された識別器での有意の識別結果を優先し、その識別結果を有意とした高い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる $n$ ビット並列符号に符号化することを特徴とする請求項2から請求項4および請求項10から請求項12のうちのいずれか1項記載の光受信装置。

【請求項27】 符号化器は、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの低い識別レベルに設定された識別器での無意の識

別結果を優先し、その識別結果を無意とした低い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる  $n$  ビット並列符号に符号化することを特徴とする請求項 2 から請求項 4 および請求項 10 から請求項 12 のうちのいずれか 1 項記載の光受信装置。

【請求項 28】 符号化器は、中央の識別レベルより高い識別レベルに設定された識別器の識別結果または中央の識別レベルより低い識別レベルに設定された識別器の識別結果の有意または無意の識別個数に応じて信頼度情報を生成することを特徴とする請求項 2 記載の光受信装置。

【請求項 29】 符号化器は、 $2^n - 1$  個の識別結果の有意または無意の識別個数に応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる  $n$  ビット並列符号に符号化することを特徴とする請求項 2 から請求項 4 および請求項 10 から請求項 12 のうちのいずれか 1 項記載の光受信装置。

【請求項 30】 符号化器は、 $2^n - 1$  個の識別結果のうちの高い識別レベルに設定された識別器での有意の識別結果を優先し、その識別結果を有意とした高い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる  $n$  ビット並列符号に符号化する有意優先ビット符号化回路と、 $2^n - 1$  個の識別結果のうちの低い識別レベルに設定された識別器での無意の識別結果を優先し、その識別結果を無意とした低い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる  $n$  ビット並列符号に符号化する無意優先ビット符号化回路と、上記有意優先ビット符号化回路または上記無意優先ビット符号化回路によって符号化された一方の  $n$  ビット並列符号を選択して出力すると共に、その出力した少なくとも 1 つ以上前の  $n$  ビット並列符号に基づいて、それら有意優先ビット符号化回路または無意優先ビット符号化回路によって符号化された  $n$  ビット並列符号の選択を切替える優先度選択回路とを備えたことを特徴とする請求項 2 から請求項 4 および請求項 10 から請求項 12 のうちのいずれか 1 項記載の光受信装置。

【請求項 31】 符号化器は、 $2^n - 1$  個の識別結果のうちの上端下端の識別レベルに設定された識別器での識別結果を優先し、それら識別結果として有り得ない識別結果が得られた場合に、1 つ内側の識別レベルに設定された識別器での識別結果に基づいて訂正して、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる  $n$  ビット並列符号に符号化することを特徴とする請求項 2 から請求項 4 および請求項 10 から請求項 12 のうちのいずれか 1 項記載の光受信装置。

【請求項 32】 各識別器からの判別結果の分布が同一になるように閾値制御回路から各識別器への識別レベルを制御させ、それら各識別器を制御する識別レベルの差

から各識別器の識別レベル誤差を検出する識別レベル誤差検出部を備え、上記閾値制御回路は、軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを上記識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御することを特徴とする請求項 2 または請求項 10 記載の光受信装置。

【請求項 33】 識別レベルを掃引する識別器からの識別結果と各識別器からの識別結果とが同一になるように閾値制御回路から各識別器への識別レベルを制御させ、閾値掃引制御回路からの識別レベルを掃引する識別器を制御する識別レベルとその閾値制御回路からのそれら各識別器を制御する識別レベルの差から各識別器の識別レベル誤差を検出する識別レベル誤差検出部を備え、上記閾値制御回路は、軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを上記識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御することを特徴とする請求項 3 または請求項 11 記載の光受信装置。

【請求項 34】 確率密度分布推定手段および識別レベル制御手段を、軟判定誤り訂正復号化手段によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果を保持するレジスタと、上記レジスタに保持された判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、その推定した確率密度分布に基づいて軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御するデジタル演算処理部としたことを特徴とする請求項 1 または請求項 9 記載の光受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光伝送後の信号品質劣化を補償し、高品質な伝送サービスを提供する長距離・大容量の光受信装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図 60 は例えば ITU-TG. 975 勧告に示された従来の光受信装置を示す構成図であり、図において、1 は光受信装置、2 は伝送路、3 は光電気変換手段、4 は硬判定識別手段、5 は多重分離手段、6 は FEC (Forward Error Correction) 復号化手段である。

【0003】次に動作について説明する。伝送路 2 を通じて光受信装置 1 に到達した光受信信号は、光電気変換手段 3 において電気受信信号に変換され、硬判定識別手段 4 において識別され、多重分離手段 5 において直列並列変換され、FEC 復号化手段 6 において伝送路 2 での信号品質劣化によるビット誤りを訂正され、並列受信信号が出力される。

【0004】図 61 は硬判定識別手段に入力される電気受信信号を示す波形図であり、伝送路 2 から入力された光受信信号の品質劣化が小さく、良好な受信状態では図 61 (a) に示すように電気受信波形のアイは大きく開いている。一方、光受信信号の品質劣化が大きく、劣悪



な受信状態では、図61(b)に示すように電気受信波形のアイ開口が小さくなり、マーク側の劣化が顕著になる。このため、硬判定識別手段4では、劣悪な受信状態でのビット誤り率が得られるように、マーク/スペースを判断する識別レベルが設定されている。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の光受信装置は以上のように構成されているので、硬判定識別手段4では、マーク/スペースの2値の判定(硬判定)しており、誤り訂正能力の向上のためには、伝送速度を上昇させて情報ビットに対する誤り訂正符号の冗長ビットの比率を高くする手法がある。しかし、伝送速度の上昇率と光伝送品質の劣化量にはトレードオフの関係があること、また、高速なデバイスが必要となり、低コスト化が困難となること等の点から、高速・大容量の光受信装置では伝送品質の向上が困難になるなどの課題があった。

【0006】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、伝送速度を上昇させることなく、高速・大容量伝送の伝送品質を向上させる光受信装置を得ることを目的とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を出力する軟判定識別手段と、多値の識別信号を直列並列変換し、多値の並列信号を出力する多重分離手段と、多値の並列信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定誤り訂正復号化手段と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定手段と、確率密度分布に基づいて軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御する識別レベル制御手段とを備えたものである。

【0008】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号をビット毎に多重分離する $n$ 個の多重分離回路と、多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路とを備えたものである。

【0009】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、

識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器によって識別された識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、 $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路とを備えたものである。

【0010】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n$ 個以上の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n$ 個以上の識別器の識別結果から $2^n - 1$ 個の識別器の識別結果を選択するセレクタと、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号をビット毎に多重分離する $n$ 個の多重分離回路と、多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいてセレクタにおける $2^n - 1$ 個の識別器の選択信号を出力する識別器選択制御回路とを備えたものである。

【0011】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器によって識別された識別結果をビット毎に多重分離する $n + 2$ 個以上の多重分離回路と、 $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別



器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えたものである。

【0012】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別結果を選択するセレクトと、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号およびセレクトによって選択された軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、 $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器、または識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えたものである。

【0013】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識

別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号および軟判定識別器の識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、 $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えたものである。

【0014】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、 $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、軟判定FEC復号化回路による誤り訂正後の誤りカウント数に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位

相制御回路とを備えたものである。

【0015】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を出力する軟判定識別手段と、多値の識別信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定誤り訂正復号化手段と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定手段と、確率密度分布に基づいて軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御する識別レベル制御手段とを備えたものである。

【0016】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を  $2^n - 1$  個の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$  ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路とを備えたものである。

【0017】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を  $2^n - 1$  個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$  個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$  ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路とを備えたものである。

【0018】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を  $2^n$  個以上の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n$  個以上の識別器の識別結果から  $2^n - 1$  個の識別器の識別結果を選択するセレクトと、 $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$  ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、各識別レ

ベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいてセレクトにおける  $2^n - 1$  個の識別器の選択信号を出力する識別器選択制御回路とを備えたものである。

【0019】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を  $2^n - 1$  個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$  個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、および識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$  ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、および識別位相を掃引する 1 個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えたものである。

【0020】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を  $2^n - 1$  個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$  個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、および識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別結果を選択するセレクトと、 $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$  ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、または識別位相を掃引する 1 個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別

レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えたものである。

【0021】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を  $2^n - 1$  個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$  個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$  ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えたものである。

【0022】この発明に係る光受信装置は、電気受信信号を  $2^n - 1$  個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$  個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$  ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、軟判定 F E C 復号化回路による誤り訂

正後の誤りカウント数に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路とを備えたものである。

【0023】この発明に係る光受信装置は、閾値制御回路において、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを制御するようにしたものである。

【0024】この発明に係る光受信装置は、確率密度分布推定回路において、 $2^n - 1$  個の識別器のうちの少なくとも 1 つ以上の判別結果、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、閾値制御回路において、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、識別レベルを制御するようにしたものである。

【0025】この発明に係る光受信装置は、確率密度分布推定回路において、識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、閾値制御回路において、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布に基づいて、 $2^n - 1$  個の識別器から得られる確率密度分布が最適な分布になるように、識別レベルを制御するようにしたものである。

【0026】この発明に係る光受信装置は、識別器選択制御回路において、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、セクタにおける  $2^n - 1$  個の識別器の選択信号を出力するようにしたものである。

【0027】この発明に係る光受信装置は、最適な確率密度分布を、正規分布であるようにしたものである。

【0028】この発明に係る光受信装置は、符号化器において、 $2^n - 1$  個の識別結果のうちの中央の識別レベルでの硬判定の識別結果と、中央の識別レベル以外の識別結果に基づくその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる  $n$  ビット並列符号に符号化するようにしたものである。

【0029】この発明に係る光受信装置は、符号化器において、軟判定識別器の出力に有り得ない識別結果が得られた場合に、優先度情報に従って符号化するようにしたものである。

【0030】この発明に係る光受信装置は、優先度情報を、識別結果のうちの中央の識別レベルでの識別結果ほど優先度を高くするようにしたものである。

【0031】この発明に係る光受信装置は、符号化器において、中央の識別レベル以外の識別結果として有り得ない識別結果が出力された場合に、符号化可能なパターンへ訂正するビット数が最も少ないパターンに訂正し、訂正後のパターンが複数ある場合には、中央の識別レベルでの識別結果ほど訂正が無いパターンを訂正パターンとし、その訂正パターンに応じて信頼度情報を生成するようにしたも

のである。

【0032】この発明に係る光受信装置は、符号化器において、 $2^n - 1$  個の識別結果のうちの高い識別レベルに設定された識別器での有意の識別結果を優先し、その識別結果を有意とした高い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる  $n$  ビット並列符号に符号化するようにしたものである。

【0033】この発明に係る光受信装置は、符号化器において、 $2^n - 1$  個の識別結果のうちの低い識別レベルに設定された識別器での無意の識別結果を優先し、その識別結果を無意とした低い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる  $n$  ビット並列符号に符号化するようにしたものである。

【0034】この発明に係る光受信装置は、符号化器において、中央の識別レベルより高い識別レベルに設定された識別器の識別結果または中央の識別レベルより低い識別レベルに設定された識別器の識別結果の有意または無意の識別個数に応じて信頼度情報を生成するようにしたものである。

【0035】この発明に係る光受信装置は、符号化器において、 $2^n - 1$  個の識別結果の有意または無意の識別個数に応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる  $n$  ビット並列符号に符号化するようにしたものである。

【0036】この発明に係る光受信装置は、有意優先ビット符号化回路または無意優先ビット符号化回路によって符号化された一方の  $n$  ビット並列符号を選択して出力すると共に、その出力した少なくとも 1 つ以上前の  $n$  ビット並列符号に基づいて、それら有意優先ビット符号化回路または無意優先ビット符号化回路によって符号化された  $n$  ビット並列符号の選択を切替える優先度選択回路を備えたものである。

【0037】この発明に係る光受信装置は、符号化器において、 $2^n - 1$  個の識別結果のうちの上端下端の識別レベルに設定された識別器での識別結果を優先し、それら識別結果として有り得ない識別結果が得られた場合に、1 つ内側の識別レベルに設定された識別器での識別結果に基づいて訂正して、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる  $n$  ビット並列符号に符号化するようにしたものである。

【0038】この発明に係る光受信装置は、各識別器からの判別結果の分布が同一になるように閾値制御回路から各識別器への識別レベルを制御させ、それら各識別器を制御する識別レベルの差から各識別レベル誤差を検出する識別レベル誤差検出部を備え、閾値制御回路において、軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御するようにしたものである。

【0039】この発明に係る光受信装置は、識別レベルを掃引する識別器からの識別結果と各識別器からの識別結果とが同一になるように閾値制御回路から各識別器への識別レベルを制御させ、閾値掃引制御回路からの識別レベルを掃引する識別器を制御する識別レベルとその閾値制御回路からのそれら各識別器を制御する識別レベルの差から各識別レベル誤差を検出する識別レベル誤差検出部を備え、閾値制御回路において、軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御するようにしたものである。

【0040】この発明に係る光受信装置は、確率密度分布推定手段および識別レベル制御手段を、軟判定誤り訂正復号化手段によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果を保持するレジスタと、レジスタに保持された判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、その推定した確率密度分布に基づいて軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御するデジタル演算処理部としたものである。

【0041】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態 1. 図 1 はこの発明の実施の形態 1 による光受信装置を示す構成図であり、図において、1 は光受信装置、2 は伝送路、3 は光電気変換手段、7 は軟判定識別手段、5 は多重分離手段、8 は軟判定 F E C 復号化手段（軟判定誤り訂正復号化手段）、9 は確率密度分布推定手段、10 は識別レベル制御手段である。光電気変換手段 3 は、伝送路 2 を通じて到達した光受信信号を電気受信信号に変換し、軟判定識別手段 7 に出力する。軟判定識別手段 7 は、電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を多重分離手段 5 へ出力する。多重分離手段 5 は、多値の識別信号を直列並列変換して多値の並列信号を軟判定 F E C 復号化手段 8 へ出力する。軟判定 F E C 復号化手段 8 は、多値の並列信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力し、また、確率密度分布推定手段 9 に多値の識別信号のマークとスペースの識別頻度を出力する。確率密度分布推定手段 9 は、各識別レベル毎の識別頻度結果に基づいて確率密度分布を推定し、識別レベル制御手段 10 に推定した確率密度分布を出力する。識別レベル制御手段 10 は、確率密度分布に基づいて軟判定識別手段 7 における複数の識別レベルを適切に制御する。

【0042】図 2 はこの発明の実施の形態 1 による光受信装置の詳細を示す構成図であり、図において、11 は光電気変換手段 3 に相当するものであり、光受信信号を電気受信信号に変換し、軟判定識別部 12 に出力するフォトダイオードである。12 は軟判定識別手段 7 に相当する軟判定識別部である。その軟判定識別部 12 におい

て、13は3ビットの識別信号を得るため異なる識別レベルを持つ7つの識別器であり、各識別器13において電気受信信号のマーク/スペースを識別するものである。これら識別器13により軟判定識別器を構成する。14はそれら識別結果を符号化する符号化器であり、3ビットの並列符号を多重分離部15に出力するものである。15は多重分離手段5に相当する多重分離部であり、その多重分離部15において、16はビット毎に直列並列変換する1:16多重分離回路(多重分離回路)であり、変換した並列信号をFEC復号部17に出力するものである。17は軟判定FEC復号化手段8、確率密度分布推定手段9、および識別レベル制御手段10に相当するFEC復号部である。そのFEC復号部17において、18は多重分離部15によって多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を確率密度分布推定回路19に出力する軟判定FEC復号化回路である。19は各識別レベル毎の判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定し、閾値制御回路20に出力する確率密度分布推定回路である。20は確率密度分布に基づいて軟判定識別部12における各識別器13の識別レベルを算出し、制御信号として軟判定識別部12に出力する閾値制御回路である。

【0043】次に動作について説明する。図2において、フォトダイオード11は、光受信信号を電気受信信号に変換して識別レベルの異なる7つの識別器13に出力する。識別器13では、各識別器毎の識別レベルでマーク“1”かスペース“0”かの識別が行われる。図3は電気受信波形に対する各識別器の識別レベルを示す説明図であり、例えば、各識別器13の識別レベルがこの図3に示すように設定されている場合、7つの識別器13の識別結果は、8通りある。図4は各識別器のマークとスペースの8通りの識別結果を示す説明図である。符号化器14は、各識別器13の識別結果を受けて、8通りの状態を2進3ビットに符号化する。図5は8通りの識別結果を3ビット符号化した例を示す説明図である。これにより、符号化された3ビットから、マークに近いマークであるのか、スペースに近いマークであるのか、等の信頼度情報を含む符号に変換される。符号化器14は、3ビット符号を3並列信号として、多重分離部15へ出力する。

【0044】なお、この実施の形態1では、3ビット符号化の例について示したが、 $n$  ( $n$ は自然数)ビット符号化をしても良い。図6は $n$ ビット符号化の手順を示すフローチャートである。ステップST1~ST3を処理することにより、 $n$ ビット符号化することができる。なお、 $n$ ビット符号化を行う場合、識別器は $2^n - 1$ 個必要となる。

【0045】符号化器14からの3ビット並列信号は、多重分離部15に出力される。多重分離部15では、

1:16多重分離回路16により、ビット毎に直列並列変換されることで、速度変換された48ビット並列信号がFEC復号部17に出力される。軟判定FEC復号化回路18では、信頼度情報を含んだ48ビット並列信号からビット誤りを訂正して、16ビット並列の受信信号を出力する。また、7つの識別器13のマーク/スペースの識別頻度を確率密度分布推定回路19へ出力する。確率密度分布推定回路19では、各識別器13の識別頻度に基づいて確率密度分布を推定する。

【0046】確率密度分布推定回路19では、信頼度情報を含む信号を一定量見ることで、7つの識別器13のマークとスペースの識別頻度を採る。軟判定FEC復号化回路18で誤り訂正を行っているので、これに対し各識別器13での誤り率が得られる。これに基づいて確率密度分布を推定する。推定された確率密度分布は、閾値制御回路20に出力される。閾値制御回路20では、7つの識別器13が最適な識別レベルになるよう、識別レベルを制御する制御信号を7つの識別器13に出力し帰還制御する。

【0047】図7は電気受信波形に対する識別レベルの関係を示す説明図、図8は電気受信波形に対する帰還制御前と後での各識別器でのマークとスペースの識別頻度を示す特性図、図9はこの発明の実施の形態1による帰還制御により各識別器の識別レベルを制御する手法を示すフローチャートである。以下、帰還制御により各識別器の識別レベルを制御する具体例を図7から図9、特に、図9の処理手順に沿って説明する。図7は電気受信波形に対する識別レベルの関係を示したものであり、各識別器13は、初期閾値で識別を行い、各識別レベルでの識別累積頻度を採る(ステップST11, ST12)。その結果、各識別レベルでのマークとスペースの識別頻度は図8(a)に示すようになったと仮定する。各識別器13のマークとスペースの識別頻度は、偏りがあり識別レベルの設定が最適でない(ステップST13)。誤り訂正性能が最も高くなる頻度分布があり、ここでは直線的な分布として、この分布に制御する例で説明する。

【0048】この分布形状に近づけるために、各識別器13の識別レベルについて、 $D_{-3}$ のレベルは上げ、 $D_{-2}$ のレベルは下げ、 $D_{+1}$ 、 $D_{+2}$ 、 $D_{+3}$ のレベルは下げるように設定すると(ステップST14)、各識別器13の識別頻度を所望の形状に近づけることが可能である。図7の帰還制御後閾値により図8(b)のように所望の識別頻度に設定可能となる。なお、上記例での最適分布は、直線的な分布であるが、例えば、正規分布になるように調整しても良い。

【0049】なお、この実施の形態1では、7つの識別器13の全てから確率密度分布を推定していたが、全ての識別器13を使わず一部の識別器13から推定しても良い。

【0050】また、この実施の形態1では、各識別レベルでのマークとスペースの識別頻度から確率密度分布を推定したが、以下のように推定しても良い。各識別器13で識別された結果のマーク/スペースの割合は、累積値である。マークをスペースと誤判定する確率は、 $(1/2) \operatorname{erfc}((I1-IDk)/(\sigma1 \cdot \sqrt{2}))$ であり、マーク率が1/2ならマークをスペースと誤判定する確率は、 $(1/4) \operatorname{erfc}((I1-IDk)/(\sigma1 \cdot \sqrt{2}))$ となり、k番目の閾値IDkにおけるマークをスペースと誤判定する確率となる。これをマークについて7つの識別器分算出し、 $\operatorname{erfc}$ の特性にフィッティングさせると、I1(マークが識別される平均電圧)と、 $\sigma1$ (マークが識別される分散電圧)が分かる。同様にスペースについても行う。これによって、確率密度分布が推定できる。

【0051】以上のように、この実施の形態1では、各識別器13で複数の識別レベルで受信した多値信号には、マークとスペースの信頼度情報を含み、複数の識別レベルは誤り訂正能力が最も良くなるレベルに設定され、誤り訂正を行う構成とした。そのため、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。また、軟判定FEC復号化回路18は、並列展開された並列多値信号と並列化された信頼度情報から誤り訂正を行うので、大規模集積・低消費電力化が可能なCMOS LSIで構成することができ、装置の小型・低消費電力化が可能となる。

【0052】実施の形態2. 図10はこの発明の実施の形態2による光受信装置の詳細を示す構成図であり、実施の形態1で示した図2の光受信装置1の構成に、2<sup>n</sup>-1個の識別器13以外に識別レベルを掃引できる掃引用識別器(識別器)21と、その識別結果を並列信号に変換する1:16多重分離回路(多重分離回路)16と、掃引用識別器21の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路22を加えたものである。この掃引用識別器21による識別結果は、多重分離部15に出力され、1:16多重分離回路16で、16ビットの並列信号に変換され、確率密度分布推定回路19に送られる。確率密度分布推定回路19から、閾値掃引制御回路22へ推定された確率密度分布が送られる。この分布に基づいて掃引用識別器21の識別レベルを制御する。

【0053】次に動作について説明する。掃引用識別器21は、他の識別器13の識別レベル間を補間する識別レベルに設定され、電気受信信号をマークとスペースに判別する。判別結果は多重分離部15に送られる。送られるデータは、マークかスペースかの情報ビットである。多重分離部15では、1:16多重分離回路16により速度変換された並列信号を出力する。確率密度分布推定回路19では、他の7つの識別器13の判定結果と合わせて、マークとスペースの識別頻度の累積を採る。

これより実施の形態1と同様に確率密度分布を推定し、分布を閾値掃引制御回路22に出力する。掃引用識別器21へは他の識別器13の識別レベルを補間する閾値に設定するよう制御信号を閾値掃引制御回路22から出力する。図11はこの発明の実施の形態2による帰還制御により各識別器の識別レベルを制御する手法を示すフローチャートである。掃引用識別器21の識別レベルは、識別器13の識別レベルの間に設定する(ステップST21)。掃引用識別器21の識別レベルが、7つの識別器13の識別レベルの補間値を採るように制御されれば、掃引用識別器21がない場合(図9)と同様の手順で、より正確に誤り訂正性能が高くなる所望の分布に調整可能である(ステップST22~ST25)。その他の動作は実施の形態1と同様である。

【0054】なお、この実施の形態2では、7つの識別器13と掃引用識別器21との識別頻度から確率密度分布を推定しているが、7つの識別器13と掃引用識別器21の全てを使わずに一部の識別器から推定する、または掃引用識別器21のみで推定しても良い。また、この実施の形態2では、掃引用識別器21、および1:16多重分離回路16を通じて直接に、確率密度分布推定回路19に出力したが、掃引用識別器21、1:16多重分離回路16、軟判定FEC復号化回路18を通じて、確率密度分布推定回路19に出力するようにしても良い。さらに、この実施の形態2では、掃引用識別器21を1個だけ設けた構成について示したが、複数の掃引用識別器21を設け、それら複数の掃引用識別器21の識別レベルを閾値掃引制御回路22によって制御するようにしても良い。

【0055】以上のように、この実施の形態2では、2<sup>n</sup>-1個以外に識別レベルを掃引できる掃引用識別器21を加えることで、より正確に確率密度分布を推定でき、各識別器13の識別レベルが高精度に制御可能となる。なお、この実施の形態2においても、nビット符号化が可能である。

【0056】実施の形態3. 図12はこの発明の実施の形態3による光受信装置の詳細を示す構成図であり、8個以上の識別器13から7個の識別器13を選択し、7ビット識別信号を出力する構成の光受信装置1の一例である。図では、実施の形態1で示した図2の光受信装置1の構成において、識別器13の個数を8個以上に増やし、8個以上の識別器13から7個の識別器13を選択するセクタ23を備え、閾値制御回路20の代わりに識別器選択制御回路24を備えたものである。8個以上の識別器13の識別結果をセクタ23に出力し、セクタ23は、3ビット符号化に必要な7つの識別器13の識別結果を選択し、符号化器14に出力する。識別器13の選択は、実施の形態1と同様に各識別器13の識別頻度から確率密度分布を推定し、確率密度分布推定回路19からの確率密度分布に基づいて、識別器選択制御



回路 24 で決定される。その他の動作は実施の形態 1 と同様である。

【0057】なお、この実施の形態 3 では、3 ビット符号化の一例について示したが、 $2^n$  個以上の識別器 13 から  $2^n - 1$  個の識別器 13 を選択する構成とすれば、 $n$  ビット符号化が可能である。

【0058】また、この実施の形態 3 では、選択された 7 つの識別器 13 から確率密度分布を求めていたが、7 つ全ての識別器 13 を使わずに推定しても良い。

【0059】以上のように、この実施の形態 3 では、符号化に必要な識別器以上の多数の識別器を備えた構成により、微細な識別レベルの制御を行わなくても、容易に精度良く識別器識別分布を得ることができる。

【0060】実施の形態 4. 図 13 はこの発明の実施の形態 4 による光受信装置の詳細を示す構成図であり、実施の形態 2 で示した図 10 の光受信装置 1 の構成に、 $2^n - 1$  個の識別器 13 以外に識別レベルを掃引できる掃引用識別器（振幅方向：識別器）25 と、識別位相を掃引できる掃引用識別器（位相用：識別器）26 と、その識別結果を並列信号に変換する 1:16 多重分離回路（多重分離回路）16 と、 $2^n - 1$  個の識別器 13 および掃引用識別器（振幅方向）25 の識別位相を制御するクロック位相制御回路 27 と、掃引用識別器（位相用）26 の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路 28 とを加えたものである。

【0061】次に動作について説明する。図 13 において、光受信装置は、3 ビットの識別信号を得るため、7 つの識別器 13 を備えている。フォトダイオード 11 は、光受信信号を電気受信信号に変換し、軟判定識別部 12 に出力する。軟判定識別部 12 は、異なる識別レベルを持つ 7 つの識別器 13 と、識別レベルを掃引できる掃引用識別器 25 と、識別位相を掃引できる掃引用識別器 26 と、識別結果を符号化する符号化器 14 とから構成され、電気信号のマーク／スペースを判別し、7 つの識別器 13 の識別結果を符号化器 14 で符号化し、多重分離部 15 に出力する。識別レベル掃引用の掃引用識別器 25 と識別位相掃引用の掃引用識別器 26 での識別結果も、多重分離部 15 へ出力される。多重分離部 15 は、ビット毎に直列並列変換する 1:16 多重分離回路 16 を備え、変換した並列信号を FEC 復号部 17 に出力する。FEC 復号部 17 は、軟判定 FEC 復号化回路 18 と、確率密度分布推定回路 19 と、閾値制御回路 20 と、閾値掃引制御回路 22 と、クロック位相制御回路 27 と、掃引識別器用クロック位相制御回路 28 とから構成され、符号化器 14 で符号化された並列信号が軟判定 FEC 復号化回路 18 と、確率密度分布推定回路 19 に入力される。識別レベル掃引用の掃引用識別器 25 と識別位相掃引用の掃引用識別器 26 からの並列信号は、確率密度分布推定回路 19 に入力される。軟判定 FEC 復号化回路 18 からは、誤り訂正後の並列信号が出力さ

れる。確率密度分布推定回路 19 は、各識別器の判別結果から分布を推定し、その推定分布が閾値制御回路 20 および閾値掃引制御回路 22 に送られる。また、クロック位相制御回路 27 と掃引識別器用クロック位相制御回路 28 へ各位相毎の識別頻度が出力される。閾値制御回路 20 および閾値掃引制御回路 22 は、推定分布に基づいて閾値を算出して制御信号を軟判定識別部 12 に出力する。クロック位相制御回路 27 と掃引識別器用クロック位相制御回路 28 は、各位相毎の識別頻度に基づいて、所望のクロック位相に調整する。

【0062】図 14 は識別位相および識別レベルの探索手法を示す説明図、図 15 は識別位相の探索手法を示す説明図、図 16 は識別レベル  $D_{+1}$  での識別頻度を示す特性図、図 17 は識別レベル  $D_{-1}$  での識別頻度を示す特性図である。図 14 は識別器 13 の識別レベルおよび識別位相を調整するために、受信電気波形に対して、識別位相を掃引できる掃引用識別器 26 で識別位相を探索し、識別レベルを掃引できる掃引用識別器 25 で識別レベルを探索することを示している。これより位相調整手順を説明する。図 15 は位相探索法を説明するものである。まず、1 ビット分の時間幅をいくつかに分ける。ここでは  $\phi_{-2\pi} \sim \phi_{2\pi}$  までの 5 ポイントとする。識別位相を掃引できる掃引用識別器 26 の識別レベルを  $D_{+1}$  に固定し、識別位相を掃引できる掃引用識別器 26 により 5 ポイントの各位相の 0, 1 の識別頻度を採る。ここでは、0, 1 の識別頻度が図 16 のようになったとする。情報データ 1 は上に凸となり、情報データ 0 は下に凸となる。次に、識別位相を掃引できる掃引用識別器 26 の識別レベルを  $D_{-1}$  に固定し、5 ポイントの各位相の 0, 1 の識別頻度を採る。この時、0, 1 の識別頻度が図 17 のようになったとする。識別レベルを低く設定したので、逆に情報データ 1 は下に凸となり、情報データ 0 は上に凸となる。0, 1 がそれぞれ  $1/2$  の確率で送信されていれば、識別レベルが中央に近づくほど、0 と 1 の頻度は等しくなるため、凸の部分が最適識別位相となる。よってこの時、 $D_{+1}$  と  $D_{-1}$  で求めた最適識別位相の真中部分を最適位相とする。

【0063】識別位相を掃引できる掃引用識別器 26 で最適識別位相が判明したので、次にこの位相を識別器 13 および識別レベルを掃引できる掃引用識別器 25 の識別位相とする。図 18 は識別レベルの探索手法を示す説明図、図 19 は各識別レベルでの識別頻度を示す特性図である。図 18 に最適位相で最適識別レベルを探索するために、識別レベルを掃引できる掃引用識別器 25 に設定する識別レベルを示す。識別レベルを掃引できる掃引用識別器 25 では、識別器 13 の識別レベル間を補完する識別レベルに設定して各識別レベルでの識別頻度を採る。ここでは、 $D_{+3} \sim D_{-3}$  までの 6 ポイントとする。図 19 は各識別レベルでの識別頻度を示す。図示していないが、識別器 13 の各識別レベルでの識別頻度



もあるので、精度の高い頻度分布が得られ、確率密度分布が推定できる。

【0064】識別器13および識別レベルを掃引できる掃引用識別器25により、最適識別位相での確率密度分布が判明する。識別器13の各識別レベルは、確率密度分布から所望の識別レベルに調整される。

【0065】なお、この実施の形態4では、位相探索の際に2つの識別レベルに識別位相を掃引できる掃引用識別器26を設定して探索したが、より多くの識別レベルで探索すれば、より高い精度で最適位相が探索できる。また、この最適位相探索により、識別器13の誤判別を抑えることもでき、より精度の高い軟判定識別が可能となる。

【0066】以上のように、この実施の形態4では、識別位相を掃引できる掃引用識別器26を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、識別レベルを掃引できる掃引用識別器25を加えることで、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器13の識別レベルを高精度に制御することができる。

【0067】実施の形態5. 図20はこの発明の実施の形態5による信号フォーマットを示す説明図、図21は識別レベル $D_{+1}$ での識別頻度を示す特性図、図22は識別レベル $D_{-1}$ での識別頻度を示す特性図である。上記実施の形態4では、信号フォーマットがNRZ (Non Return to Zero) フォーマットであったが、図20に示すRZ (Return to Zero) フォーマットでも良い。上記実施の形態4と同様に、識別位相を掃引できる掃引用識別器26の識別レベルを複数設定して各位相での識別頻度を採る。2つの識別レベルを例に、この時、識別頻度が、図21および図22であったとする。RZなので、識別レベルが高い時ほど急峻な特性で、低い時ほど平坦な特性となる。それぞれの凸となる位相から同様に最適位相を求める。

【0068】以上のように、この実施の形態5では、信号フォーマットがRZフォーマットでも最適位相を求めることができる。

【0069】実施の形態6. 図23はこの発明の実施の形態6による光受信装置の詳細を示す構成図であり、実施の形態4で示した図13の光受信装置1の構成に、セクタ29を加えたものである。

【0070】次に動作について説明する。図23において、上記実施の形態4で示した光受信装置1の識別レベルを掃引できる掃引用識別器25と識別位相を掃引できる掃引用識別器26の出力にセクタ29を加えた構成である。最適位相を探索している時は、識別レベル探索用の掃引用識別器25は使用しておらず、逆に最適識別レベルを探索している時は、識別位相探索用の掃引用識別器26を使用していない。そのため、セクタ29で、どちらか一方の結果のみ取り出すようにする。出力

は1:16多重分離回路16に送られるが、セクタ29により1:16多重分離回路16を減らすことができ、並列展開数を抑えられるので、簡易な回路構成で実現できる。

【0071】以上のように、この実施の形態6では、セクタ29を設けることによって、1:16多重分離回路16を減らすことができ、簡易な回路構成で実現できる。

【0072】実施の形態7. 図24はこの発明の実施の形態7による光受信装置の詳細を示す構成図であり、実施の形態4で示した図13の光受信装置1の構成に、 $n-1$ 個の識別器13以外に識別レベルおよび識別位相を掃引できる掃引用識別器(識別器)30を加えたものである。

【0073】次に動作について説明する。図24において、光受信装置は、3ビットの識別信号を得るため、7つの識別器13を備えている。フォトダイオード11は、光受信信号を電気受信信号に変換し、軟判定識別部12に出力する。軟判定識別部12は、異なる識別レベルを持つ7つの識別器13と、識別レベルおよび識別位相を掃引できる掃引用識別器30と、識別結果を符号化する符号化器14とから構成され、電気信号のマーク/スペースを判別し、7つの識別器13の識別結果を符号化器14で符号化し、多重分離部15に出力する。識別レベルおよび識別位相の掃引用識別器30での識別結果も、多重分離部15へ出力される。多重分離部15は、ビット毎に直列並列変換する1:16多重分離回路16を備え、変換した並列信号をFEC復号部17に出力する。FEC復号部17は、軟判定FEC復号化回路18と、確率密度分布推定回路19と、閾値制御回路20と、閾値掃引制御回路22と、クロック位相制御回路27と、掃引識別器用クロック位相制御回路28とから構成され、符号化器14で符号化された並列信号が軟判定FEC復号化回路18と確率密度分布推定回路19に入力される。識別レベルおよび識別位相の掃引用の掃引用識別器30からの並列信号は、確率密度分布推定回路19に入力される。軟判定FEC復号化回路18からは、誤り訂正後の並列信号が出力される。確率密度分布推定回路19は、各識別器13の判別結果から分布を推定し、その推定分布が閾値制御回路20および閾値掃引制御回路22に送られる。クロック位相制御回路27と掃引識別器用クロック位相制御回路28には、各位相に対する確率密度分布が出力される。クロック位相制御回路27と掃引識別器用クロック位相制御回路28は、各位相に対する確率密度分布に基づいて、識別器13と識別レベルおよび識別位相の掃引用の掃引用識別器30の識別位相を最適なクロック位相に調整する。閾値制御回路20および閾値掃引制御回路22は、最適なクロック位相の時の推定分布に基づいて閾値を算出して制御信号を軟判定識別部12に出力する。

【0074】図25は識別位相および識別レベルの探索手法を示す説明図、図26は識別位相の探索手法を示す説明図、図27は各識別位相での識別頻度を示す特性図である。図25は識別器13の識別レベルおよび識別位相を調整するために、受信電気波形に対して、識別レベルおよび識別位相を掃引できる掃引用識別器30で、識別レベルと識別位相を交互に掃引しながら、1ビット時間幅分の各位相に対する識別頻度から識別器13の最適な識別位相を探索することを示している。これより位相探索手順を説明する。図26は位相探索法を説明するものである。まず、1ビット分の時間幅をいくつかに分ける。ここでは簡易のため3つの位相の例で説明する。次に各位相において識別頻度を採る識別レベルを決める。ここでは各位相について $D_{+3} \sim D_{-3}$ まで7つの識別レベルでの識別頻度を採る。閾値掃引制御回路22と掃引識別器用クロック位相制御回路28で、識別レベルおよび識別位相の掃引用識別器30の識別位相と識別レベルを調整しながら、識別頻度を採る。各位相の各識別レベルの識別頻度を採ると、図27に示す識別位相毎の識別頻度、すなわち確率密度分布が得られる。0と1が送信される確率が等しい時、1ビット時間幅の端の方では、波形の立ち上がりまたは立下り部分であるため、識別レベルの高い方では0の判定が極端に多くなり、低い方では1の判定が極端に多くなる。これにより、1ビット時間幅の両端の位置がわかるので、その中央を最適位相とし、識別器13の識別位相とする。その最適位相で、再び識別頻度から確率密度分布を求め、これより、識別器13の各識別レベルを調整する。ここでは3つの位相について識別頻度を求めた例であるが、より多くの位相で求めておけば、最適位相を求める精度も上げられる。

【0075】以上のように、この実施の形態7では、識別レベルおよび識別位相を掃引できる掃引用識別器30を1個で済ませることができ、簡易な回路構成を実現できる。

【0076】実施の形態8. 図28はこの発明の実施の形態8による信号フォーマットを示す説明図、図29は各識別位相での識別頻度を示す特性図である。上記実施の形態7では、信号フォーマットがNRZ (Non Return to Zero) フォーマットであったが、図28に示すRZ (Return to Zero) フォーマットでも良い。上記実施の形態7と同様に、識別レベルおよび識別位相の掃引用識別器30の識別レベルを複数設定して各位相での識別頻度を採る。3つの識別位相を例に、この時、識別頻度が、図29であったとする。RZなので、1ビット時間幅の端の方では、波形の立ち上がりまたは立下り部分となるため、高い識別レベルでは、0の頻度が高くなる。中央付近では識別頻度勾配が緩やかになる。これにより、上記実施の形態7と同様に1ビット時間幅の両端の位置がわかるので、その中

央を最適位相とし、その最適位相で、再び識別頻度から確率密度分布を求め、これより、識別器13の各識別レベルを調整する。ここでは3つの位相について識別頻度を求めた例であるが、より多くの位相で求めておけば、最適位相を求める精度も上げられる。

【0077】以上のように、この実施の形態8では、信号フォーマットがRZフォーマットでも最適位相を求めることができる。

【0078】実施の形態9. 図30はこの発明の実施の形態9による光受信装置の詳細を示す構成図であり、実施の形態6で示した図23の光受信装置1の構成において、識別位相を掃引できる掃引用識別器26を取り除き、クロック位相制御回路27へは、軟判定FEC復号化回路18での軟判定誤り訂正の際の誤りカウント数を出力する構成である。さらに、掃引識別器用クロック位相制御回路28を取り除いている。

【0079】次に動作について説明する。図30において、クロック位相制御回路27で、識別器13および識別レベルを掃引できる掃引用識別器25の識別位相を変動させる。これに伴い、軟判定FEC復号化回路18での誤りカウント数も変動する。誤りカウント数が最も少なくなる位相が最適位相となる。クロック位相制御回路27では、その最適位相に識別位相を調整する。最適位相にて、識別頻度から確率密度分布を求め、識別器13を調整する手順は、その他の実施の形態と同様である。

【0080】以上のように、この実施の形態9では、識別位相を掃引できる掃引用識別器26、および掃引識別器用クロック位相制御回路28を取り除き、簡易な回路構成を実現できる。

【0081】実施の形態10. 図31はこの発明の実施の形態10による符号化器におけるnビット符号化の手順を示すフローチャート、図32は全識別結果パターンを示す説明図、図33は全識別結果パターンからの符号化結果を示す説明図である。図31に示した手順に沿って説明する。電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器13で識別すると(ステップST31)、図32に示すように、7つの識別器13の出力には8通りの識別結果が得られ、この状態を表すために3ビット符号化する。中央の識別レベルで識別結果がマークなら、これより低い識別レベルの識別器13は全てマークであり(ステップST32)、高い識別レベルの識別結果は4通りである。これから、よりマークに近いマーク( $D_{+1}$ 、 $D_{+2}$ 、 $D_{+3}$ で全てマークの識別)からスペースに近いマーク( $D_{+1}$ 、 $D_{+2}$ 、 $D_{+3}$ で全てスペースの識別)までの4通りの状態に対して、2進2ビットの信頼性情報を持つ符号に変換する。図33は変換結果である。最初の1ビットを中央識別レベルでのマークとスペースの硬判定の識別結果に割り当て、残り2ビットをその識別結果に対応した信頼度情報に割り当てる。2ビットは、識別がスペースに近いほど0、0に割り当て(マークの信頼

性が低い)、マークに近いほど1、1に割り当てる(マークの信頼性が高い)。中央でスペースが識別された時も、同様の手法で割り当てを行い、各識別結果の符号化を行う。同様の手順でnビット符号化が可能である(ステップST33、ST34)。その他の動作は実施の形態1から実施の形態3のいずれかと同様である。

【0082】以上のように、この実施の形態10では、以上の符号化手法を採ることにより、図示していないが、軟判定識別部12とFEC復号部17の間に同期補足のためのフレーム同期やデスクランブル処理を設けた場合には、硬判定結果である1ビット目(中央識別器D<sub>c</sub>の結果)に対してのみ処理を行えば良いため、簡易な回路構成で実現することが可能である。

【0083】実施の形態11。図34はこの発明の実施の形態11による符号化器において識別誤りを訂正する手法を示す説明図である。この実施の形態11では、識別器13の識別に誤りが生じて、符号化器14で符号化が行えるようにする一例を示している。7つの識別器13の識別レベルが図34に示すレベルに設定されており、識別結果が識別結果(ステップST35)になった時、これは通常有り得ない識別で、いずれかの識別器13の識別に誤りが含まれている。ここでは、パターンからD<sub>+3</sub>またはD<sub>+2</sub>の識別器13に誤りが発生していると考えられる。そのため訂正パターン(ステップST36)は2種類ある。訂正方法として、例えば、“中心識別レベルに近い識別器ほど誤らず、結果の優先度が高い”(ステップST37、ST38)という優先度情報に従うと、誤りを発生したのはD<sub>+3</sub>で、これを訂正すると訂正後パターン(ステップST39)となる。その他の動作は実施の形態1から実施の形態3のいずれかと同様である。

【0084】以上のように、この実施の形態11では、識別器13の識別に誤りが生じて、ある優先度情報に基づいて訂正し、符号化器14での符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐことができる。

【0085】実施の形態12。図35はこの発明の実施の形態12による識別器が誤り無く動作した時の通常の識別結果を示す説明図であり、上記実施の形態における図32と図33とを組み合わせて表現したものである。図36は識別器で識別誤りが生じて、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図、図37は優先度情報に基づいた符号化パターンを示す説明図である。図32に示すように、識別器が誤り無く動作すれば、上記実施の形態10に示した符号化方法で符号化が行えるが、識別に誤りが生じた時には符号化が行えない。各識別器の個体差の調整不十分等により、識別誤りが生じる。図36は識別器で識別誤りが生じて、符号化が行える符号化方法の一例を示している。ここでは、“訂正ビット数が一番少なくなるパターンを訂正パターンとし、それが複数ある場合には、中央ほど誤りにくい”との優先度情報に従って符

号化する。図37はこの優先度情報に基づいた符号化パターンである。この方法は、各識別器が誤り無く識別できれば、3ビット符号化パターンは図33と同様である。誤りが生じた時、例えば、中央識別レベルD<sub>c</sub>が1で、(D<sub>+3</sub>、D<sub>+2</sub>、D<sub>+1</sub>)=(1、0、1)の時、訂正後のパターンは、訂正箇所が1ヶ所の(D<sub>+3</sub>、D<sub>+2</sub>、D<sub>+1</sub>)=(0、0、1)または(1、1、1)が考えられるが、“中央ほど誤りにくい”との優先度情報から(0、0、1)が訂正後のパターンとなる。これより、3ビットの符号化を行う。D<sub>c</sub>が0の場合も同様に訂正・符号化を行う。

【0086】以上のように、この実施の形態12では、識別器で識別誤りが生じて、訂正ビット数が少なくなるパターンを訂正パターンとし、中央ほど誤らないとの優先度情報に基づいて識別器誤りを訂正するため、符号化器での符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐことができる。

【0087】実施の形態13。図38はこの発明の実施の形態13による識別器で識別誤りが生じて、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図であり、図39は優先度情報に基づいた符号化パターンを示す説明図である。この実施の形態13では、“高い識別レベルに設定された識別器での1の識別結果を優先する”との優先度情報に従って符号化する。図39はこの優先度情報に基づいた符号化パターンである。上記実施の形態12の符号化方法の図37とは、斜線部分で示した識別結果に対する符号化パターンが異なる。この実施の形態13でも、識別器が誤り無く識別していれば、3ビット符号化は図33に示すものと同様である。識別器で誤りが生じ、0と1が互逆になったときは、最も高い識別レベルにある1を優先し、それより低い識別レベルにある0は1とみなし、硬判定と信頼度情報を含む3ビットの符号化を行う。

【0088】以上のように、この実施の形態13では、識別器で識別誤りが生じて、1の識別結果を優先するとの優先度情報に基づいて識別器誤りを訂正し、符号化器での符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐことができる。

【0089】実施の形態14。図40はこの発明の実施の形態14による識別器で識別誤りが生じて、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図であり、図41は優先度情報に基づいた符号化パターンを示す説明図である。この実施の形態14では、識別誤りの発生時には、“低い識別レベルに設定された識別器での0の識別結果を優先する”との優先度情報に従って符号化する。図41はこの優先度情報に基づいた符号化パターンである。この方法は、上記実施の形態13同様に、識別器で誤り無く識別していれば、3ビット符号化パターンは図33に示すものとなる。上記実施の形態12の符号化方法とは斜線部分で示した識別結果に対する符号化パターンが異なる。

識別器での誤りが生じ、0と1が互違になった時は、最も低い識別レベルにある0を優先し、それより高い識別レベルにある1は0とみなし、硬判定と信頼度情報を含む3ビットの符号化を行う。

【0090】以上のように、この実施の形態14では、識別器で識別誤りが生じて、0の識別結果を優先するとの優先度情報に基づいて識別器誤りを訂正し、符号化器での符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐことができる。

【0091】実施の形態15. 図42はこの発明の実施の形態15による識別器で識別誤りが生じて、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図であり、図43は優先度情報に基づいた符号化パターンを示す説明図である。この実施の形態15では、中央識別レベルの識別結果によって、上側識別器または下側識別器から信頼度情報を作成する。図43はこの方法による符号化パターンを示す。中央識別器の識別結果が1ならば、上側識別器での0、1のカウント数を元に信頼度情報を作成する。3つの上側識別器が全て1の識別をしているのであれば、信頼度情報は11を、2つが1で1つが0の時は10を、全て0の識別なら00を割り当てられる。逆に中央識別器の識別結果が0であれば、下側識別器から信頼度情報を作成する。下側識別器が全て0の識別をしていれば11を、全て1なら00を割り当てる。また、識別器で誤りが無い場合に、割り当てる信頼度情報はこれまでの符号化方法と同様である。

【0092】以上のように、この実施の形態15では、識別器で識別誤りが生じて、上側、下側の識別レベルの順序は無く、0、1のカウント数から符号化を行うため、符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐことができる。

【0093】実施の形態16. 図44はこの発明の実施の形態16による識別器で識別誤りが生じて、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図であり、図45は優先度情報に基づいた符号化パターンを示す説明図である。この実施の形態16では、7つの識別器の識別結果0、1をカウントし、カウント数を元に3ビット符号化する。図45はこの方法による符号化パターンを示す。全て1の識別であれば、硬判定は1で信頼度は11となり、0が識別されるほど、0よりの信頼度となり、全て0の識別であれば、硬判定は0で信頼度は11となる。この符号化方法でも、識別器で誤りが無い場合に、硬判定ビットと割り当てる信頼度情報はこれまでの符号化方法と同様である。

【0094】以上のように、この実施の形態16では、識別器で識別誤りが生じて、識別器の識別レベルの順序は無く、0、1のカウント数から符号化を行うため、符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐことができる。

【0095】実施の形態17. 図46はこの発明の実施

の形態17による受信ビット列に対する受信波形を示す説明図、図47は優先度の変更が可能となる符号化器の内部構成を示す構成図であり、図において、41は上記実施の形態13で示した優先ビット1とした符号化回路（有意優先ビット符号化回路）、42は上記実施の形態14で示した優先ビット0とした符号化回路（無意優先ビット符号化回路）、43は符号化回路41、42によって符号化された一方の並列符号を選択して出力すると共に、その出力した少なくとも1つ以上前の並列符号に基づいて、符号化回路41、42によって符号化された並列符号の選択を切換える優先度選択回路である。

【0096】次に動作について説明する。この実施の形態17では、実施の形態13または14で、1または0の識別結果を優先して符号化を行っている際に、光受信装置に到達するビット列によって、識別器で識別後に符号化器で信頼度を変更する方法について説明する。図46は受信ビット列に対する受信波形を示している。少なくとも1ビット以上前のビットの状態を元に優先度を変更する。前のビットの情報は、硬判定ビットだけでも良いし、信頼度情報まで含んでも良い。例えば、図46のように、優先度が0のビットで、0のビットが連続して受信されたのち、1のビットが到達した時には、優先度のビットを1に変更する。同様に、ビット列によって0の優先度から1の優先度にも変更する。

【0097】図47は優先度の変更が可能となる符号化器の内部構成を示したものである。識別器からの7ビット信号は、符号化回路（優先ビット1）41と符号化回路（優先ビット0）42とで、実施の形態13や14に記載のように0または1のビットを優先して、3ビットの符号化が行われる。優先度選択回路43は、少なくとも1つ以上前のビットを元に、どちらかの優先度での3ビット符号を出力する。また、少なくとも1つ以上後のビット、あるいは少なくとも前後1つ以上のビットを元に優先度を切換える構成としても良い。

【0098】以上のように、この実施の形態17では、0または1の優先度で符号化された符号をビットパターンにより選択することで、識別器による識別誤りが生じている場合に、0または1よりの識別をすることができ、より精度の高い誤り訂正が可能となる。

【0099】実施の形態18. 図48はこの発明の実施の形態18による識別器で誤りが生じて、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図、図49は符号化手順を示す説明図、図50は符号化パターンを示す説明図である。この実施の形態18では、“端の識別器ほど誤らず、端の識別器の識別結果が有り得ないパターンであれば、1つ内側の識別器の識別結果に基づき訂正する”との優先度情報に従って符号化を行う。図48はこの方法による符号化手順を説明するものである。符号化手順は、最も高い識別レベルに設定された識別器と、最も低い識別レベルに設定された識別器の識別結果の比較から始め

る。 $(D_{+3}, D_{-3})$ が $(1, 1)$ の時、優先度からそれより内側の識別器の識別結果は全て1で、 $(0, 0)$ の時は全て0となる。 $(0, 1)$ の時は、判定は正しく、さらに1つ内側の識別器同士を比較していく。ここで $(D_{+3}, D_{-3})$ の識別が $(1, 0)$ の時、これは有り得ない判定なので、どちらかの識別器に識別誤りが生じていると考えられる。この場合、1つ内側の識別器の識別結果に基づいて、外側の誤りが生じている識別器の識別結果を訂正する。例えば、1つ内側の識別器 $(D_{+2}, D_{-2})$ の識別結果が $(0, 1)$ であれば、誤りは $D_{+3}$ と $D_{-3}$ であり、0と1に訂正し、 $(1, 1)$ であれば、 $D_{-3}$ を1に訂正し、 $(1, 0)$ であれば、ここでも誤りが生じているので、さらに内側の識別器の識別結果を参照する。図50は、この手順により作成した符号化パターンである。上記実施の形態12の符号化方法とは斜線部分で示した識別結果に対する符号化パターンが異なる。

【0100】以上のように、この実施の形態18では、識別器で識別誤りが生じて、端の識別器ほど誤らず、端の識別器の識別結果が有り得ないパターンであれば、1つ内側の識別器の識別結果に基づき訂正すると、優先度情報に従って符号化を行うため、符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐことができる。

【0101】実施の形態19。図51はこの発明の実施の形態19による電源投入時に各識別器のマークとスペースの識別頻度から個体差を検出する手法を示す説明図、図52は個体差を検出する処理手順を示すフローチャートである。上記実施の形態における光受信装置1は、7つの識別器13の個体差の把握により、個体差を考慮した識別レベルの制御が可能である。

【0102】次に動作について説明する。まず、基準となるリファレンス識別器を決定する(ステップST41)。そして、例えば、識別電圧領域を3ヶ所に分け、その領域内の代表値をリファレンス識別器の識別電圧に設定する。次に、全識別器13の識別レベルをリファレンス識別器と同一のレベルに合わせる(ステップST42)。受信データを各識別器13で識別し、確率密度分布推定回路19で各識別器13の判別結果である符号化器14からのデータに基づいて各識別器13の識別頻度を計測する(ステップST43)。識別頻度の累積を採り(ステップST44)、図51(a)に示す結果となった場合、リファレンス識別器との頻度を比較すると(ステップST45)、Decider7の頻度に差がある(ステップST46)。ここではマークの頻度を減らして、スペースの頻度が増えるように、差が一定量以下になるまで識別レベルを調整すると(ステップST47)、図51(b)に示すように、全ての識別器13の識別頻度が等しくなる。この時、Decider7の識別レベル誤差はD7であることが分かる。同様に他の2ヶ所の識別領域においても、各識別器13の識別誤差を

把握する。その他の動作は実施の形態1と同様である。なお、図52のフローチャートに示した処理を統括して、図2に示した各構成を制御し、各識別器13の識別レベル誤差を検出する手段を、図2では示さなかったが識別レベル誤差検出部とする。閾値制御回路20では、軟判定識別部12における識別器13の識別レベルを識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御することにより、7つの識別器13の個体差を考慮した識別レベルの制御が可能である。

【0103】以上のように、この実施の形態19では、閾値制御回路20は、各領域で識別レベル誤差を補正して各識別器13に制御信号を送れば良く、より精度の高い制御が可能となる。

【0104】実施の形態20。図53はこの発明の実施の形態20による光受信装置の詳細を示す構成図であり、符号化器14は、調整対象の識別器13の識別結果を選択するセクタ31、調整時にリファレンス識別器の結果を切替抽出するセクタ32、調整対象の識別器の結果を抽出するセクタ33、各識別器13の識別結果を符号化する符号化回路34で構成されている。FEC復号部17は、比較器35を加え、比較結果を確率密度分布推定回路19に出力する。図54は識別器の個体差調整を行う手順を示すフローチャートであり、この手法は、リファレンス識別器に対して1つずつ調整する方法である。

【0105】次に動作について説明する。まず、実施の形態19と同様に、識別電圧領域を例えば3ヶ所に分け、その代表値を全識別器13の識別レベルに調整しておく。基準となるリファレンス識別器をセクタ32で決定し(ステップST51)、調整対象の識別器13をセクタ31とセクタ32で選択する(ステップST52)。識別結果は、信頼度情報載せる符号化を行わず、符号化回路34をスルーで通り(ステップST53)、多重分離部15で並列信号に展開された後に、比較器35でリファレンス識別器と調整対象の識別器13の結果比較をする(ステップST54)。比較器35による比較結果を確率密度分布推定回路19に送り、一定量のビット比較から、識別結果の差が分かる(ステップST55)。結果に差がなければ、リファレンス識別器に対して識別レベルの差はないが、ある場合には、調整対象の識別器13の識別レベル高く(低く)設定し(ステップST56)、再度比較器35で識別結果の比較をする(ステップST55~ST58)。差が無くなれば識別器13の識別レベル誤差は、再設定値分の差であることが分かる。差があり(ステップST59)、前の比較結果よりその差が大きくなっていれば(ステップST60)、識別レベルを低く(高く)設定し(ステップST61)、再度比較器35で比較をする(ステップST58)。逆に差が少なくなっていれば、さらに識別レベルを高く(低く)設定するようにして、比較結果の差が

一定量以下になるまで識別レベルを調整する（ステップST60、ST56～ST59）。以上の手順を繰り返す、他の識別器13の識別レベルの個体差を把握する。同様に他の識別領域においても、各識別器13の識別レベル誤差を把握する。なお、図54のフローチャートに示した処理を統括して、図53に示した各構成を制御し、各識別器13の識別レベル誤差を検出する手段を、図53では示さなかったが識別レベル誤差検出部とする。閾値制御回路20では、軟判定識別部12における識別器13の識別レベルを識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御することにより、7つの識別器13の個体差を考慮した識別レベルの制御が可能である。

【0106】なお、個体差調整を行わない時は、符号化回路34での符号化データをセクタ32、33で選択すれば良い。その他の動作は実施の形態1と同様である。

【0107】以上のように、この実施の形態20では、閾値制御回路20は、各領域で識別レベル誤差を補正して各識別器13に制御信号を送れば良く、より精度の高い制御が可能となる。

【0108】実施の形態21。図55はこの発明の実施の形態21による光受信装置の詳細を示す構成図であり、上記実施の形態20では、比較器35をFEC復号部17内に組み込む構成としていたが、この図55に示すように、比較器35を符号化器14内に組み込み、比較結果を並列展開する1:16多重分離回路16を多重分離部15内に組み込むようにしても良い。この場合、各識別器13の識別結果を符号化回路34に入力前にリファレンス識別器と調整対象の識別器13の識別結果を抽出し、比較を行う。その他の構成、動作、効果については、上記実施の形態20と同様である。

【0109】実施の形態22。図56はこの発明の実施の形態22による光受信装置の詳細を示す構成図であり、実施の形態2に示した掃引用識別器21がある場合に、個体差調整を行う回路構成である。軟判定識別部12は、識別対象の各識別器13の識別結果を選択するセクタ31と、選択された識別器13の識別結果と掃引用識別器21の識別結果の比較をする比較器35を加えた構成で、比較器35は、比較結果を多重分離部15に出力する。多重分離部15には、その出力を並列展開する1:16多重分離回路16を加え、確率密度分布推定回路19に出力する。

【0110】以上のように、この実施の形態22では、掃引用識別器21をリファレンス識別器として、各識別器13の個体差を補正する方法であり、調整の手順は実施の形態13、14と同様に行う。識別レベル誤差は、掃引用識別器21を基準とした値が得られるため、掃引用識別器21のみで分布を推定した場合に、簡易に識別レベル調整が行える。

【0111】実施の形態23。図57はこの発明の実施の形態23による光受信装置を示す構成図であり、図において、36はレジスタ、37はデジタル演算処理部、38はD/A変換部であり、図1における確率密度分布推定手段9および識別レベル制御手段10に相当するものである。図58はデジタル演算処理部の処理手順を示すフローチャートである。軟判定FEC復号化手段8は、多値の並列信号から各識別器13の識別結果をレジスタ36に出力する。レジスタ36はnフレーム分の各識別器13のマーク/スペースの識別頻度を保持しておく。デジタル演算処理部37では、nフレーム分の識別頻度をレジスタ36から読み出し（ステップST81）、確率密度分布を推定する（ステップST82）。各識別レベルにおけるマークとスペースの頻度分布が最適でない場合（ステップST83）、確率密度分布に基づいて識別器13の識別レベルを算出し（ステップST84）、算出結果をデジタル信号としてD/A変換部38に出力する（ステップST85）。D/A変換部38は、識別レベルを示すデジタル信号をアナログ制御電圧に変換して、軟判定識別手段7に出力する。その他の動作は実施の形態1と同様である。

【0112】以上のように、この実施の形態23では、各識別器13の識別頻度結果を保持するレジスタ36とデジタル演算処理部37の機能を付加することで、より多くのデータから識別レベルの制御が行え、精度の高い確率密度分布の推定が可能である。

【0113】実施の形態24。図59はこの発明の実施の形態24による光受信装置を示す構成図であり、上記実施の形態では、多重分離手段5または多重分離部15を設けて並列信号に変換して軟判定FEC復号化手段8に出力する構成としていたが、この図59に示すように多重分離手段5または多重分離部15を設けず、軟判定識別手段7からの出力を直接、軟判定FEC復号化手段8に出力する構成としても良い。

【0114】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を出力する軟判定識別手段と、多値の識別信号を直列並列変換し、多値の並列信号を出力する多重分離手段と、多値の並列信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定誤り訂正復号化手段と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定手段と、確率密度分布に基づいて軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御する識別レベル制御手段とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる効果がある。

【0115】この発明によれば、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号をビット毎に多重分離する $n$ 個の多重分離回路と、多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することができる高速・大容量の光受信装置を実現することができる効果がある。

【0116】この発明によれば、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器によって識別された識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、 $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することができる高速・大容量の光受信装置を実現することができる。また、 $2^n - 1$ 個以外に識別レベルを掃引する識別器を加えることで、より正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる効果がある。

【0117】この発明によれば、電気受信信号を $2^n$ 個以上の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n$ 個以上の識別器の識別結果から $2^n - 1$ 個の識別器の識別結果を選択するセレクタと、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号をビット毎に多重分離する $n$ 個の多重分離回路と、多重分離された多

値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて上記セレクタにおける $2^n - 1$ 個の識別器の選択信号を出力する識別器選択制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することができる。また、符号化に必要な識別器以上の多数の識別器を備えた構成により、微細な識別レベルの制御を行わなくても、容易に精度良く識別器識別分布を得ることができる効果がある。

【0118】この発明によれば、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器によって識別された識別結果をビット毎に多重分離する $n + 2$ 個以上の多重分離回路と、 $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することができる。また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別位相を掃引する1個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、識別レベルを掃引する識別器を加えることで、その最適識別位相でより正確に確率密度分



布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる効果がある。

【0119】この発明によれば、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別結果を選択するセクタと、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号およびセクタによって選択された軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、 $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器、または識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別位相を掃引する1個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、識別レベルを掃引する識別器を加えることで、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる。さらに、セクタを設けることによって、多重分離回路の数を減らすことができ、簡易な回路構成を実現できる効果がある。

【0120】この発明によれば、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の

識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号および軟判定識別器の識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、 $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる。さらに、識別レベルおよび識別位相を掃引する識別器は、1個で済ませることができ、簡易な回路構成を実現できる効果がある。

【0121】この発明によれば、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、 $n$ ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密

度分布に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、軟判定 F E C 復号化回路による誤り訂正後の誤りカウント数に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。また、 $2^n - 1$  個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる。さらに、識別レベルを掃引する識別器は、1 個で済ますことができ、掃引識別器用クロック位相制御回路を設ける必要が無く、簡易な回路構成を実現できる効果がある。

【0122】この発明によれば、電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を出力する軟判定識別手段と、多値の識別信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定誤り訂正復号化手段と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定手段と、確率密度分布に基づいて軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御する識別レベル制御手段とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる効果がある。

【0123】この発明によれば、電気受信信号を  $2^n - 1$  個の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$  ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる効果がある。

【0124】この発明によれば、電気受信信号を  $2^n - 1$  個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$  個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を

出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$  ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。また、 $2^n - 1$  個以外に識別レベルを掃引する識別器を加えることで、より正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる効果がある。

【0125】この発明によれば、電気受信信号を  $2^n$  個以上の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n$  個以上の識別器の識別結果から  $2^n - 1$  個の識別器の識別結果を選択するセクタと、 $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$  ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいてセクタにおける  $2^n - 1$  個の識別器の選択信号を出力する識別器選択制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。また、符号化に必要な識別器以上の多数の識別器を備えた構成により、微細な識別レベルの制御を行わなくても、容易に精度良く識別器識別分布を得ることができる効果がある。

【0126】この発明によれば、電気受信信号を  $2^n - 1$  個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$  個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、および識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$  個の識別結果を、信頼度情報を持たせた  $n$  ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$  ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分

布、および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することができる。また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別位相を掃引する1個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明すると共に、識別レベルを掃引する識別器を加えることで、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる効果がある。

【0127】この発明によれば、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別結果を選択するセレクタと、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器、または識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明すると共に、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる。さらに、識別レベルおよび識別位相を掃引する識別器は、1個で済むことができ、簡易な回路構成を実現できる効果がある。

質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別位相を掃引する1個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明すると共に、識別レベルを掃引する識別器を加えることで、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる効果がある。

【0128】この発明によれば、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明すると共に、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる。さらに、識別レベルおよび識別位相を掃引する識別器は、1個で済むことができ、簡易な回路構成を実現できる効果がある。

【0129】この発明によれば、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた $n$ ビット並列符号に符号化する符号化器と、 $n$ ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定F

EC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、軟判定FEC復号化回路による誤り訂正後の誤りカウント数に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路とを備えるように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる。さらに、識別レベルを掃引する識別器は、1個で済ますことができ、掃引識別器用クロック位相制御回路を設ける必要が無く、簡易な回路構成を実現できる効果がある。

【0130】この発明によれば、閾値制御回路において、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御するように構成したので、識別器の識別レベルを最適制御することによって、伝送品質を向上させることができる効果がある。

【0131】この発明によれば、確率密度分布推定回路において、 $2^n - 1$ 個の識別器のうちの少なくとも1つ以上の判別結果、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、閾値制御回路において、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、識別レベルを制御するように構成したので、識別器の識別レベルを最適制御することによって、伝送品質を向上させることができる効果がある。

【0132】この発明によれば、確率密度分布推定回路において、識別レベルを掃引する1個以上の識別器の判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、閾値制御回路において、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布に基づいて、 $2^n - 1$ 個の識別器から得られる確率密度分布が最適な分布になるように、識別レベルを制御するように構成したので、識別器の識別レベルを最適制御することによって、伝送品質を向上させることができる効果がある。

【0133】この発明によれば、識別器選択制御回路において、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、セレクトにおける

$2^n - 1$ 個の識別器の選択信号を出力するように構成したので、識別器の選択信号を最適制御することによって、伝送品質を向上させることができる効果がある。

【0134】この発明によれば、最適な確率密度分布を、正規分布であるように構成したので、伝送品質を向上させることができる効果がある。

【0135】この発明によれば、符号化器において、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの中央の識別レベルでの硬判定の識別結果と、中央の識別レベル以外の識別結果に基づくその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる $n$ ビット並列符号に符号化するように構成したので、符号化器と軟判定FEC復号化回路との間に同期補足のためのフレーム同期やデスクランブル処理を設けた場合には、硬判定の識別結果に対してのみ処理を行えばよいため、簡易な回路構成で実現することができる効果がある。

【0136】この発明によれば、符号化器において、軟判定識別器の出力に有り得ない識別結果が得られた場合に、優先度情報に従って符号化するように構成したので、軟判定識別器の識別結果に誤りが生じても、優先度情報に従って符号化することにより、符号化器での符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐことができる効果がある。

【0137】この発明によれば、優先度情報を、識別結果のうちの中央の識別レベルでの識別結果ほど優先度を高くするように構成したので、軟判定識別器の識別結果に誤りが生じても、優先度情報に従って符号化することにより、符号化器での符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐことができる効果がある。

【0138】この発明によれば、符号化器において、中央の識別レベル以外の識別結果として有り得ない識別結果が出力された場合に、符号化可能なパターンへ訂正するビット数が最も少ないパターンに訂正し、訂正後のパターンが複数ある場合には、中央の識別レベルでの識別結果ほど訂正が無いパターンを訂正パターンとし、その訂正パターンに応じて信頼度情報を生成するように構成したので、識別器で識別誤りが生じても、訂正ビット数が少なくなるパターンを訂正パターンとし、中央ほど誤らないとの優先度情報に基づいて識別誤りを訂正するため、符号化器での符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐことができる効果がある。

【0139】この発明によれば、符号化器において、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの高い識別レベルに設定された識別器での有意の識別結果を優先し、その識別結果を有意とした高い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる $n$ ビット並列符号に符号化するように構成したので、識別器で識別誤りが生じても、高い識別レベルに設定された有意の識別結果を優先するとの優先度情報に基づいて識別器誤りを訂正し、符号化器での符号化が行えない

いパターンが生じるのを防ぐことができる効果がある。

【0140】この発明によれば、符号化器において、 $2^n - 1$  個の識別結果のうちの低い識別レベルに設定された識別器での無意の識別結果を優先し、その識別結果を無意とした低い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる  $n$  ビット並列符号に符号化するように構成したので、識別器で識別誤りが生じて、低い識別レベルに設定された無意の識別結果を優先するとの優先度情報に基づいて識別器誤りを訂正し、符号化器での符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐことができる効果がある。

【0141】この発明によれば、符号化器において、中央の識別レベルより高い識別レベルに設定された識別器の識別結果または中央の識別レベルより低い識別レベルに設定された識別器の識別結果の有意または無意の識別個数に応じて信頼度情報を生成するように構成したので、識別器で識別誤りが生じて、上側、下側の識別レベルの順序は無く、有意または無意の識別個数から符号化を行うため、符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐことができる効果がある。

【0142】この発明によれば、符号化器において、 $2^n - 1$  個の識別結果の有意または無意の識別個数に応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる  $n$  ビット並列符号に符号化するように構成したので、識別器で識別誤りが生じて、識別器の識別順序は無く、有意または無意の識別個数から符号化を行うため、符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐことができる効果がある。

【0143】この発明によれば、有意優先ビット符号化回路または無意優先ビット符号化回路によって符号化された一方の  $n$  ビット並列符号を選択して出力すると共に、その出力した少なくとも 1 つ以上前の  $n$  ビット並列符号に基づいて、それら有意優先ビット符号化回路または無意優先ビット符号化回路によって符号化された  $n$  ビット並列符号の選択を切り換える優先度選択回路を備えるように構成したので、識別器による識別誤りが生じている場合に、有意または無意よりの識別をすることができ、より精度の高い誤り訂正ができる効果がある。

【0144】この発明によれば、符号化器において、 $2^n - 1$  個の識別結果のうちの上端下端の識別レベルに設定された識別器での識別結果を優先し、それら識別結果として有り得ない識別結果が得られた場合に、1 つ内側の識別レベルに設定された識別器での識別結果に基づいて訂正して、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる  $n$  ビット並列符号に符号化するように構成したので、識別器で識別誤りが生じて、端の識別器ほど誤らず、端の識別器の識別結果が有り得ないパターンであれば、1 つ内側の識別器の識別結果に基づき訂正するとの優先度情報に従って符号化を行うため、符号化が行えないパターンが生じるのを防ぐこ

とができる効果がある。

【0145】この発明によれば、各識別器からの判別結果の分布が同一になるように閾値制御回路から各識別器への識別レベルを制御させ、それら各識別器を制御する識別レベルの差から各識別レベル誤差を検出する識別レベル誤差検出部を備え、閾値制御回路において、軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御するように構成したので、各識別レベル誤差で補正した識別レベルで  $2^n - 1$  個の識別器を制御することにより、より伝送品質を向上させることができる効果がある。

【0146】この発明によれば、識別レベルを掃引する識別器からの識別結果と各識別器からの識別結果とが同一になるように閾値制御回路から各識別器への識別レベルを制御させ、閾値掃引制御回路からの識別レベルを掃引する識別器を制御する識別レベルとその閾値制御回路からのそれら各識別器を制御する識別レベルの差から各識別レベル誤差を検出する識別レベル誤差検出部を備え、閾値制御回路において、軟判定識別器における  $2^n - 1$  個の識別器の識別レベルを識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御するように構成したので、各識別レベル誤差で補正した識別レベルで  $2^n - 1$  個の識別器を制御することにより、より伝送品質を向上させることができる効果がある。

【0147】この発明によれば、確率密度分布推定手段および識別レベル制御手段を、軟判定誤り訂正復号化手段によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果を保持するレジスタと、レジスタに保持された判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、その推定した確率密度分布に基づいて軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御するディジタル演算処理部とするように構成したので、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1による光受信装置を示す構成図である。

【図2】 この発明の実施の形態1による光受信装置の詳細を示す構成図である。

【図3】 電気受信波形に対する各識別器の識別レベルを示す説明図である。

【図4】 各識別器のマークとスペースの8通りの識別結果を示す説明図である。

【図5】 8通りの識別結果を3ビット符号化した例を示す説明図である。

【図6】  $n$  ビット符号化の手順を示すフローチャートである。

【図7】 電気受信波形に対する識別レベルの関係を示す説明図である。

【図8】 電気受信波形に対する帰還制御前と後での各識別器でのマークとスペースの識別頻度を示す特性図である。

【図9】 この発明の実施の形態1による帰還制御により各識別器の識別レベルを制御する手法を示すフローチャートである。

【図10】 この発明の実施の形態2による光受信装置の詳細を示す構成図である。

【図11】 この発明の実施の形態2による帰還制御により各識別器の識別レベルを制御する手法を示すフローチャートである。

【図12】 この発明の実施の形態3による光受信装置の詳細を示す構成図である。

【図13】 この発明の実施の形態4による光受信装置の詳細を示す構成図である。

【図14】 識別位相および識別レベルの探索手法を示す説明図である。

【図15】 識別位相の探索手法を示す説明図である。

【図16】 識別レベル $D_{+1}$ での識別頻度を示す特性図である。

【図17】 識別レベル $D_{-1}$ での識別頻度を示す特性図である。

【図18】 識別レベルの探索手法を示す説明図である。

【図19】 各識別レベルでの識別頻度を示す特性図である。

【図20】 この発明の実施の形態5による信号フォーマットを示す説明図である。

【図21】 識別レベル $D_{+1}$ での識別頻度を示す特性図である。

【図22】 識別レベル $D_{-1}$ での識別頻度を示す特性図である。

【図23】 この発明の実施の形態6による光受信装置の詳細を示す構成図である。

【図24】 この発明の実施の形態7による光受信装置の詳細を示す構成図である。

【図25】 識別位相および識別レベルの探索手法を示す説明図である。

【図26】 識別位相の探索手法を示す説明図である。

【図27】 各識別位相での識別頻度を示す特性図である。

【図28】 この発明の実施の形態8による信号フォーマットを示す説明図である。

【図29】 各識別位相での識別頻度を示す特性図である。

【図30】 この発明の実施の形態9による光受信装置の詳細を示す構成図である。

【図31】 この発明の実施の形態10による符号化器における $n$ ビット符号化の手順を示すフローチャートである。

【図32】 全識別結果パターンを示す説明図である。

【図33】 全識別結果パターンからの符号化結果を示す説明図である。

【図34】 この発明の実施の形態11による符号化器において識別誤りを訂正する手法を示す説明図である。

【図35】 この発明の実施の形態12による識別器が誤り無く動作した時の通常の識別結果を示す説明図である。

【図36】 識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図である。

【図37】 優先度情報に基いた符号化パターンを示す説明図である。

【図38】 この発明の実施の形態13による識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図である。

【図39】 優先度情報に基いた符号化パターンを示す説明図である。

【図40】 この発明の実施の形態14による識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図である。

【図41】 優先度情報に基いた符号化パターンを示す説明図である。

【図42】 この発明の実施の形態15による識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図である。

【図43】 優先度情報に基いた符号化パターンを示す説明図である。

【図44】 この発明の実施の形態16による識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図である。

【図45】 優先度情報に基いた符号化パターンを示す説明図である。

【図46】 この発明の実施の形態17による受信ビット列に対する受信波形を示す説明図である。

【図47】 優先度の変更が可能となる符号化器の内部構成を示す構成図である。

【図48】 この発明の実施の形態18による識別器で誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図である。

【図49】 符号化手順を示す説明図である。

【図50】 符号化パターンを示す説明図である。

【図51】 この発明の実施の形態19による電源投入時に各識別器のマークとスペースの識別頻度から個体差を検出する手法を示す説明図である。

【図52】 個体差を検出する処理手順を示すフローチャートである。

【図53】 この発明の実施の形態20による光受信装置の詳細を示す構成図である。

【図54】 識別器の個体差調整を行う手順を示すフローチャートである。

【図55】 この発明の実施の形態21による光受信装置の詳細を示す構成図である。

【図56】 この発明の実施の形態22による光受信装置の詳細を示す構成図である。

【図57】 この発明の実施の形態23による光受信装置を示す構成図である。

【図58】 デジタル演算処理部の処理手順を示すフローチャートである。

【図59】 この発明の実施の形態24による光受信装置を示す構成図である。

【図60】 従来の光受信装置を示す構成図である。

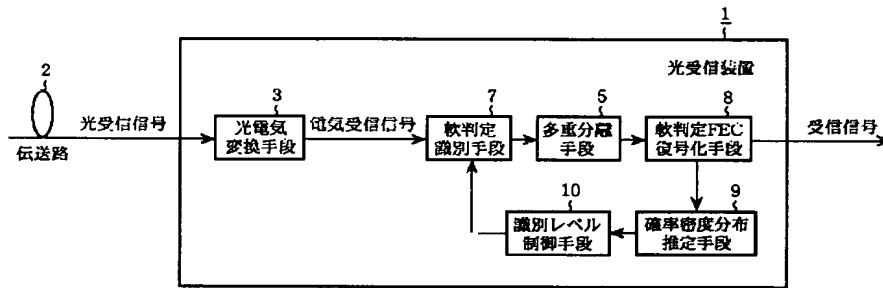
【図61】 硬判定識別手段に入力される電気受信信号を示す波形図である。

【符号の説明】

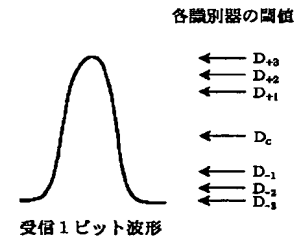
1 光受信装置、2 伝送路、3 光電気変換手段、5 多重分離手段、7 軟判定識別手段、8 軟判定FEC

復号化手段(軟判定誤り訂正復号化手段)、9 確率密度分布推定手段、10 識別レベル制御手段、11 フォトダイオード、12 軟判定識別部、13 識別器(軟判定識別器)、14 符号化器、15 多重分離部、16 1:16多重分離回路(多重分離回路)、17 FEC復号部、18 軟判定FEC復号化回路、19 確率密度分布推定回路、20 閾値制御回路、21, 25, 26, 30 掃引用識別器(識別器)、22 閾値掃引制御回路、23, 29, 31~33 セクタ、24 識別器選択制御回路、27 クロック位相制御回路、28 掃引識別器用クロック位相制御回路、34 符号化回路、35 比較器、36 レジスタ、37 デジタル演算処理部、38 D/A変換部、41 符号化回路(有意優先ビット符号化回路)、42 符号化回路(無意優先ビット符号化回路)、43 優先度選択回路。

【図1】

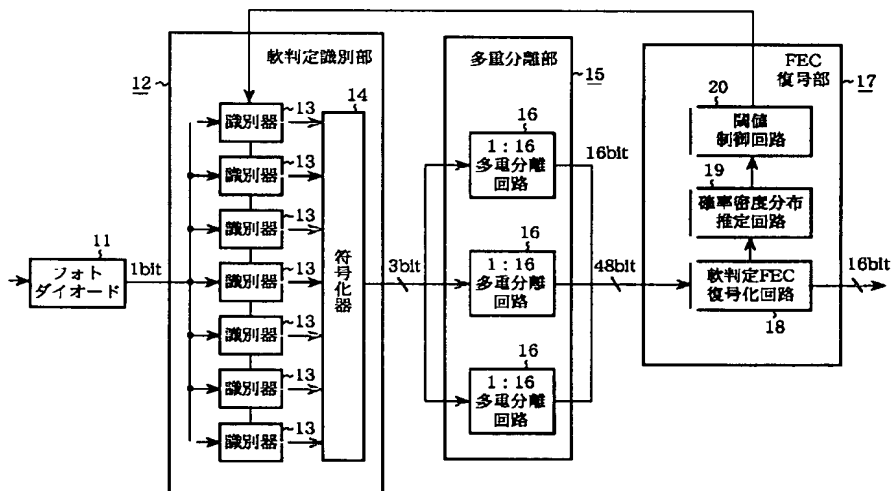


【図3】



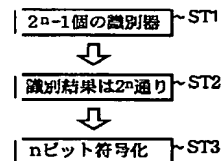
【図5】

【図2】



状態	3ビット符号化		
(1)	0	0	0
(2)	0	0	1
(3)	0	1	0
(4)	0	1	1
(5)	1	0	0
(6)	1	0	1
(7)	1	1	0
(8)	1	1	1

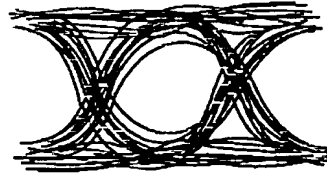
【図6】





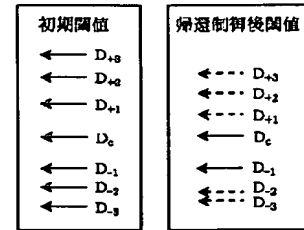
【図4】

各識別器の識別結果	D <sub>+3</sub>	1	0	0	0	0	0	0
	D <sub>+2</sub>	1	1	0	0	0	0	0
	D <sub>+1</sub>	1	1	1	0	0	0	0
	D <sub>c</sub>	1	1	1	1	0	0	0
	D <sub>-1</sub>	1	1	1	1	1	0	0
	D <sub>-2</sub>	1	1	1	1	1	1	0
	D <sub>-3</sub>	1	1	1	1	1	1	0
	状態	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)



電気受信波形

【図7】

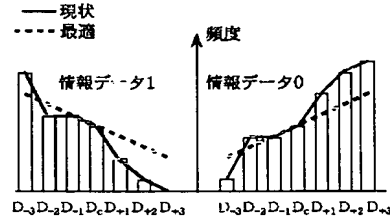


【図8】

【図25】

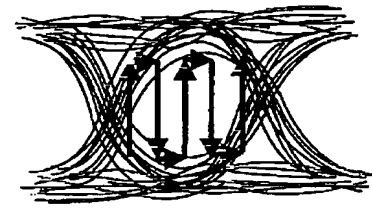
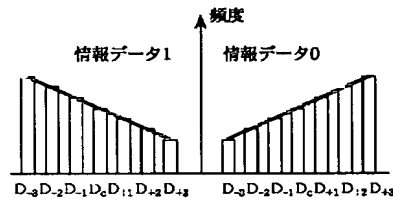
(a) 初期閾値

各識別器(各識別レベル)での0,1識別頻度数



(b) 帰還制御後閾値

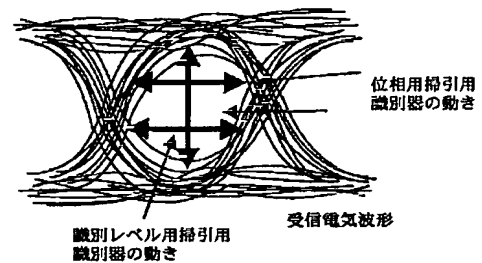
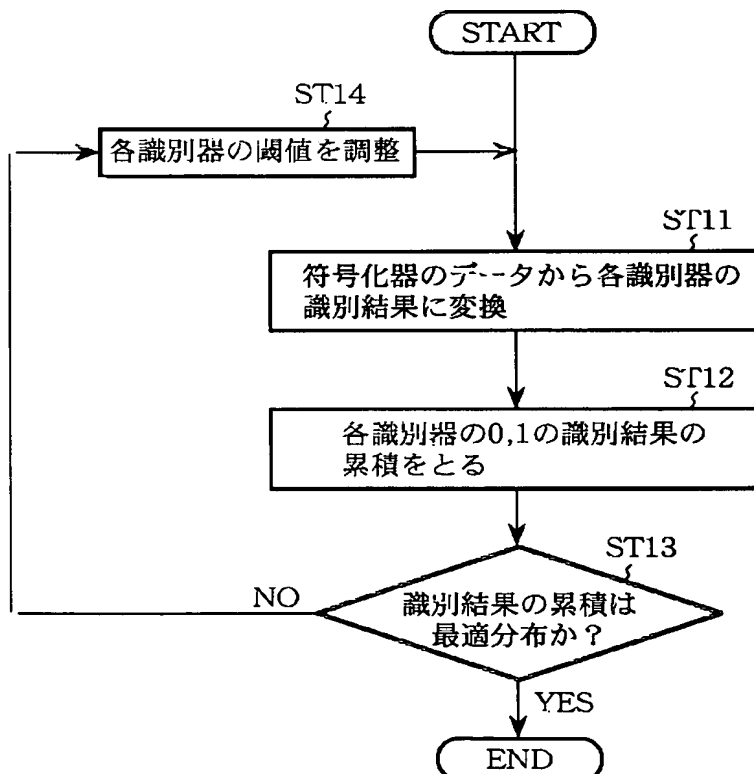
各識別器(各識別レベル)での0,1識別頻度数



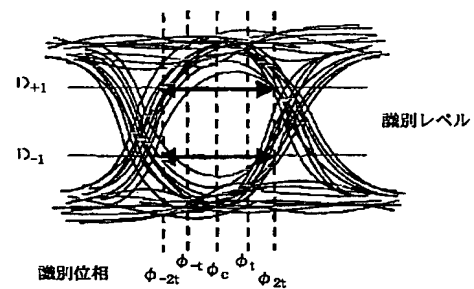
受信電気波形

【図9】

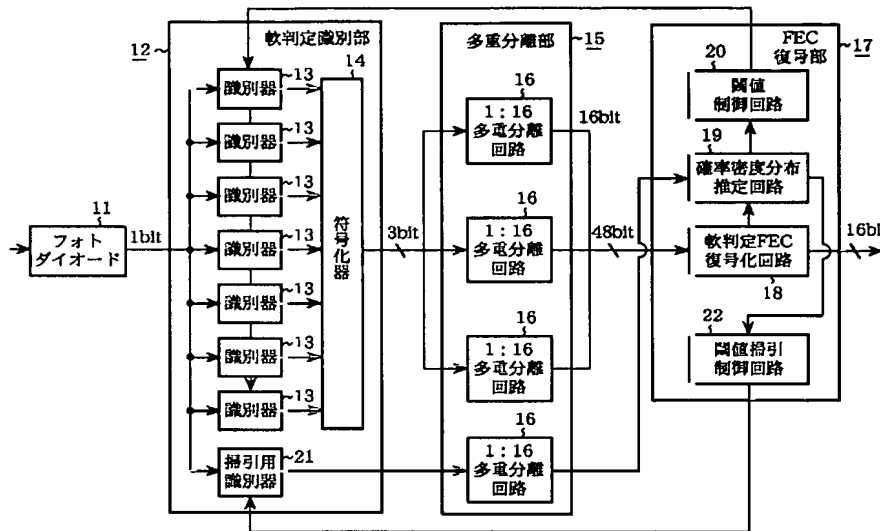
【図14】



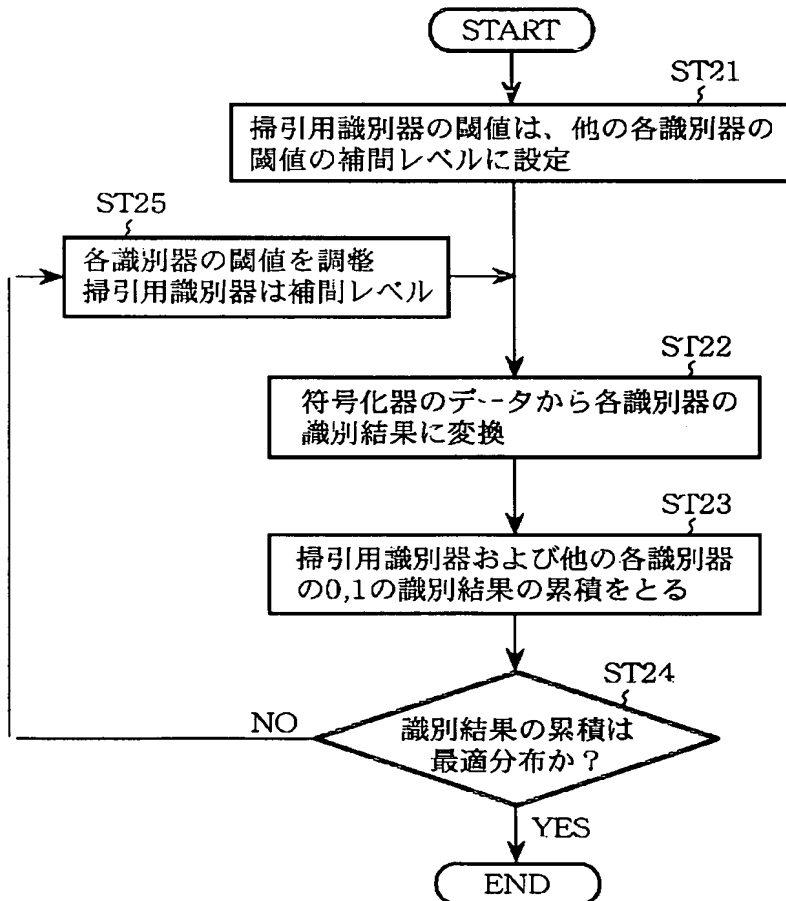
【図15】



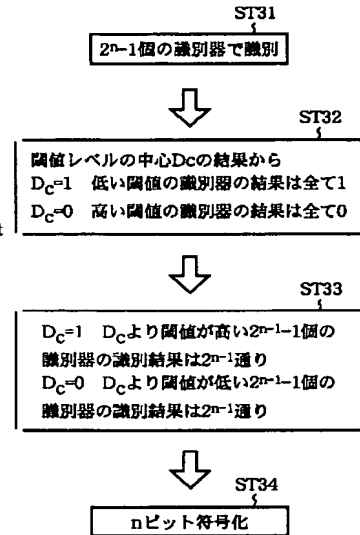
【図10】



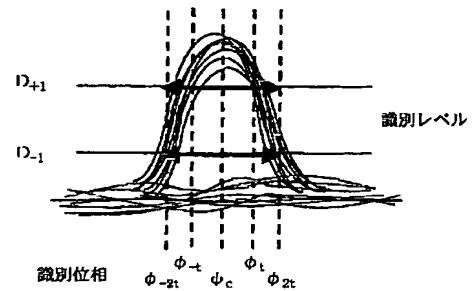
【図11】



【図31】

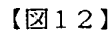


【図20】

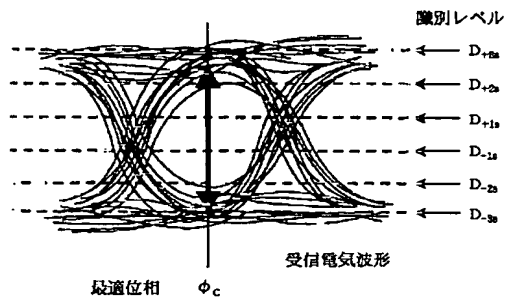


【図32】

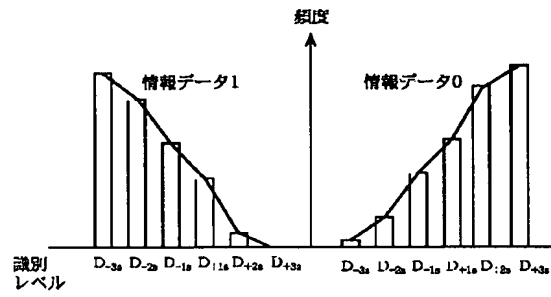
各識別器の識別結果	$D_{13}$	1	0	0	0	0	0	0	0
	$D_{12}$	1	1	0	0	0	0	0	0
	$D_{11}$	1	1	1	0	0	0	0	0
	$D_{10}$	1	1	1	1	0	0	0	0
	$D_{9}$	1	1	1	1	1	0	0	0
	$D_{8}$	1	1	1	1	1	1	0	0
	$D_{7}$	1	1	1	1	1	1	1	0
	$D_{6}$	1	1	1	1	1	1	1	1
状態		(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)



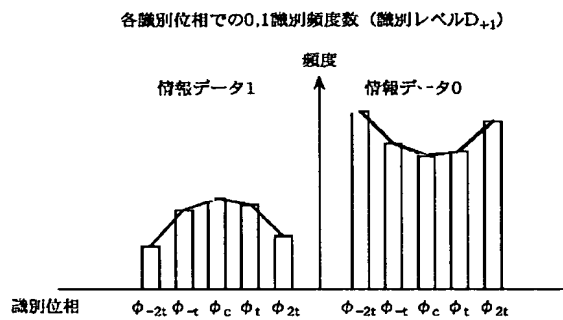
【図18】



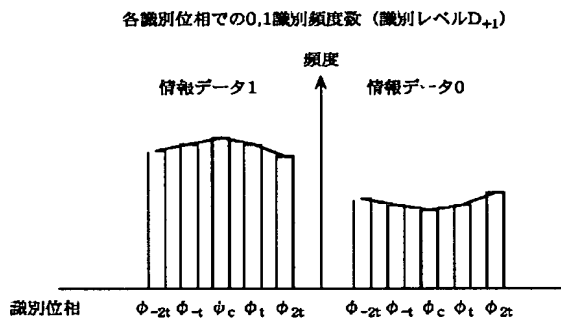
【図19】



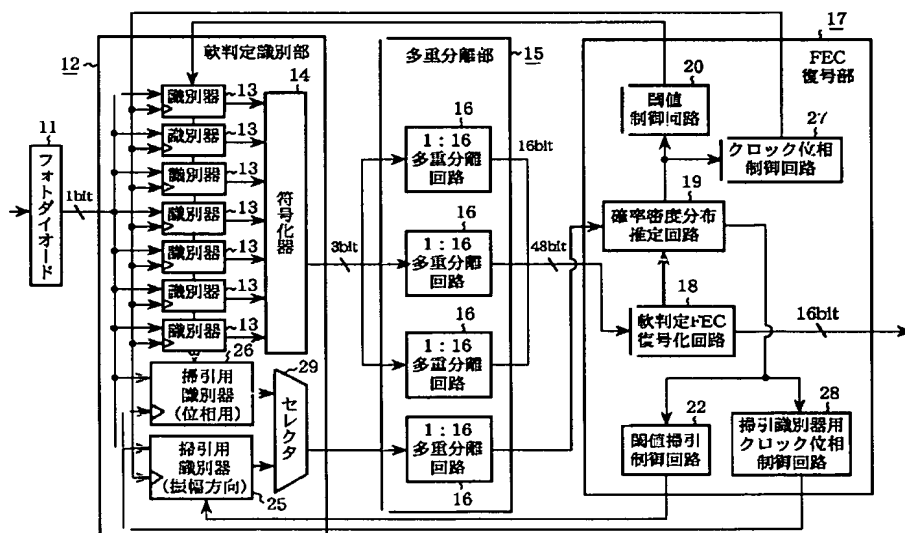
【図21】



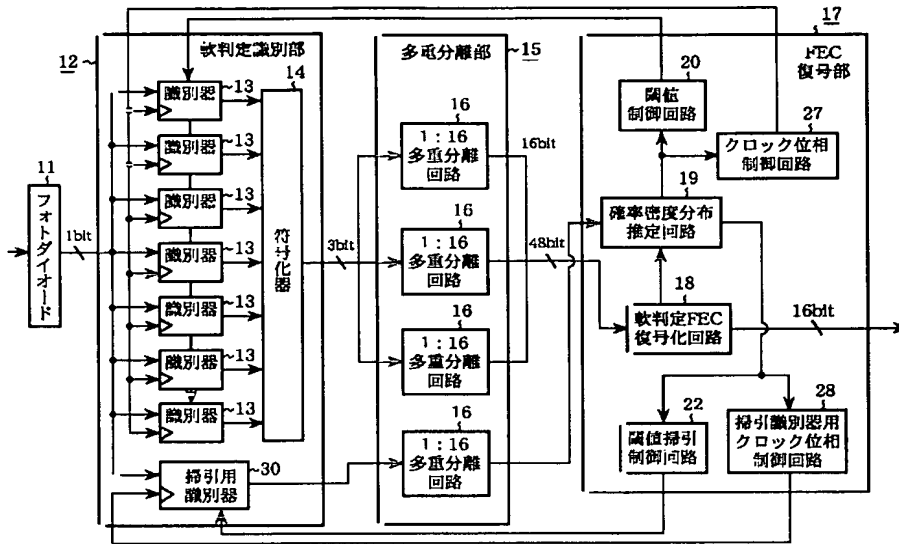
【図22】



【図23】

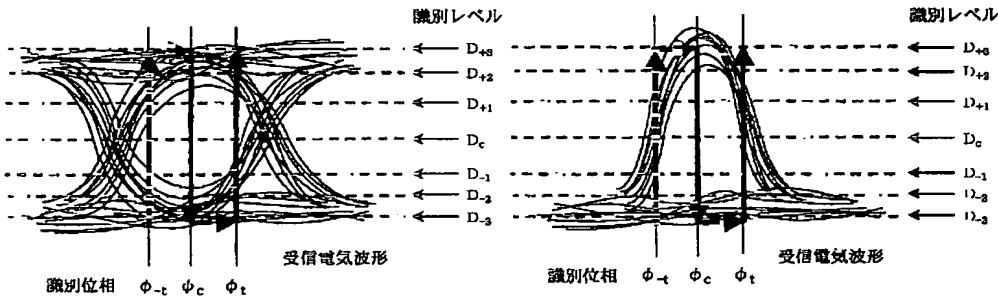


【図24】



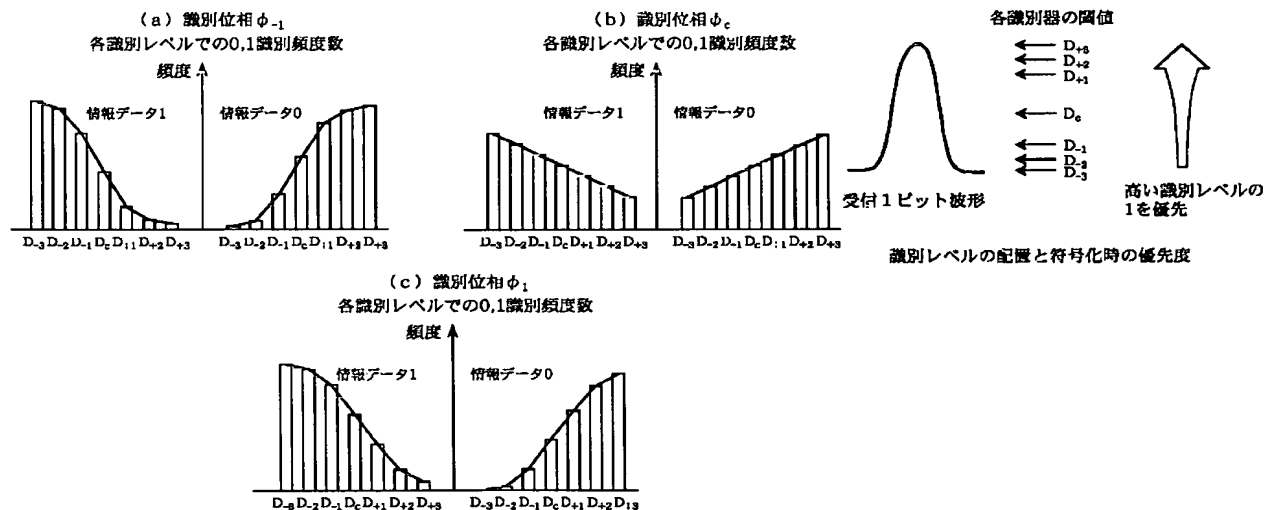
【図26】

【図28】

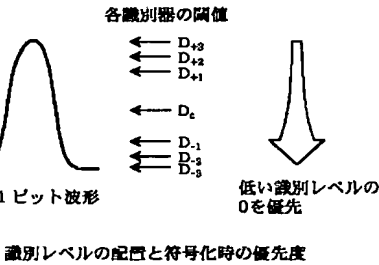
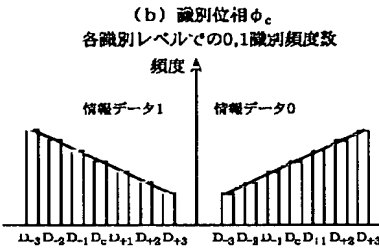
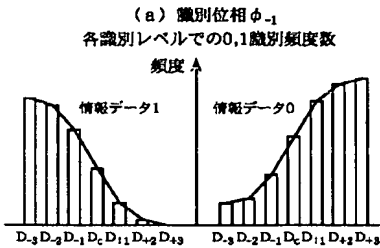


【図27】

【図38】

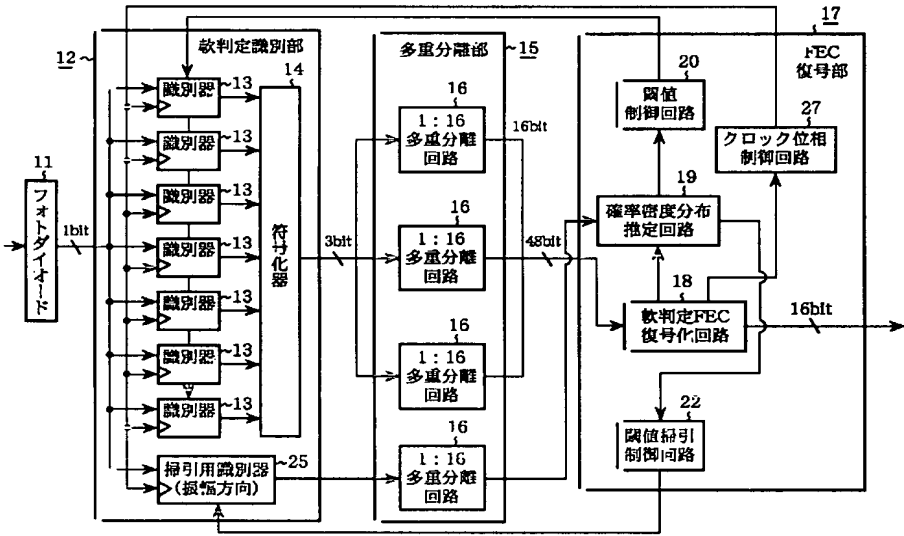


【 図 2 9 】



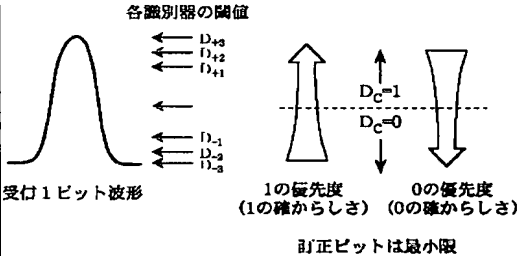
識別レベルの配置と符号化時の優先度

【 図 3 0 】



【 図 3 3 】

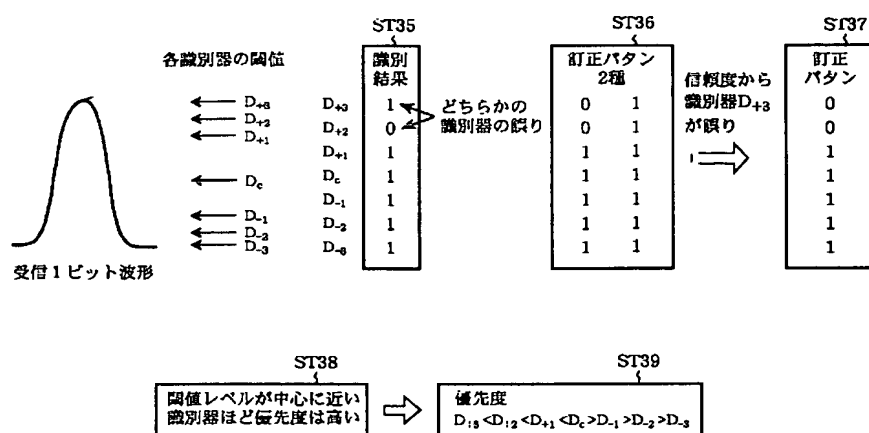
状態	3ビット符号化		
	D <sub>c</sub> の識別結果	D <sub>-1</sub> , D <sub>-2</sub> , D <sub>-3</sub> からのD <sub>c</sub> の信頼度	
(1)	0	1	1
(2)	0	1	0
(3)	0	0	1
(4)	0	0	0
(5)	1	0	0
(6)	1	0	1
(7)	1	1	0
(8)	1	1	1



【 図 3 6 】

1の優先度 (1の確からしさ) 0の優先度 (0の確からしさ)  
訂正ビットは最小限

【図34】



【図35】

識別結果									
D+3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
D+2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
D+1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Dc	1	1	1	1	0	0	0	0	0
D-1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
D-2	1	1	1	1	1	1	0	0	0
D-3	1	1	1	1	1	1	1	0	0
3bit符号化									
硬判定	1	1	1	1	0	0	0	0	0
信頼度	1	1	0	0	0	0	1	1	1
	1	0	1	0	0	1	0	1	1

【図37】

(a)  $D_c=1$  のとき  
上側識別器の識別結果から符号化

識別結果 (訂正前)								
D <sub>+3</sub>	1	0	0	0	1	1	1	0
D <sub>+2</sub>	1	1	0	0	0	1	0	1
D <sub>+1</sub>	1	1	1	0	0	0	1	0
識別結果 (訂正後)								
D <sub>+3</sub>	訂正なし				0	1	0	0
D <sub>+2</sub>					0	1	0	0
D <sub>+1</sub>					0	1	1	0
3bit符号化								
硬判定	1	1	1	1	1	1	1	1
信頼度	1	1	0	0	0	1	0	0
	1	0	1	0	0	1	1	0

【図41】

プライオリティエンコード (識別結果0を優先)

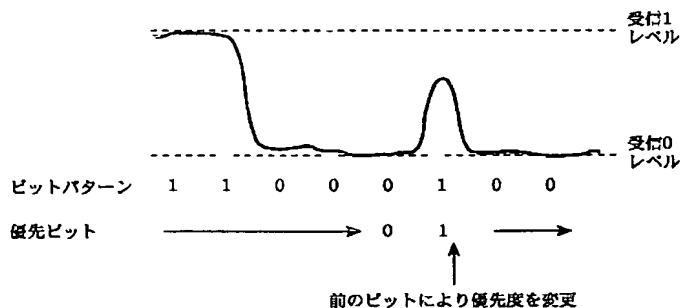
識別結果									
D+3	1	0	X	X	X	X	X	X	X
D+2	1	1	0	X	X	X	X	X	X
D+1	1	1	1	0	X	X	X	X	X
Dc	1	1	1	1	0	X	X	X	X
D-1	1	1	1	1	1	0	X	X	X
D-2	1	1	1	1	1	1	0	X	X
D-3	1	1	1	1	1	1	1	0	X
3bit符号化									
硬判定	1	1	1	1	0	0	0	0	0
信頼度	1	1	0	0	0	0	1	1	1
	1	0	1	0	0	1	0	1	1

X: 0,1どちらでもよい

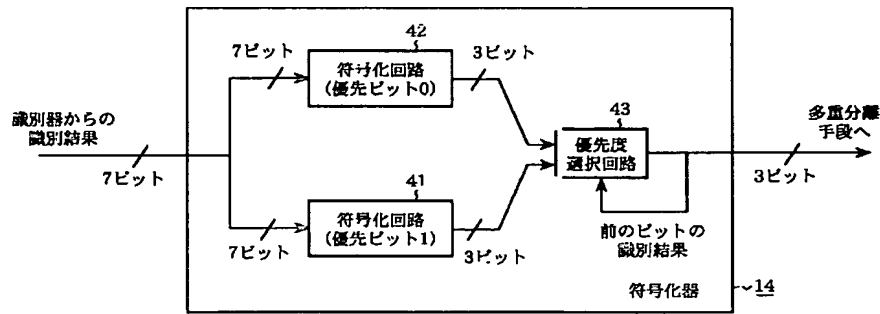
(b)  $D_c=0$  のとき  
下側識別器の識別結果から符号化

識別結果 (訂正前)									
D <sub>-1</sub>	0	0	0	1	1	1	1	0	
D <sub>-2</sub>	0	0	1	1	0	1	0	1	
D <sub>-3</sub>	0	1	1	1	0	0	1	0	
識別結果 (訂正後)									
D <sub>-1</sub>	訂正なし					0	1	1	0
D <sub>-2</sub>						0	1	1	1
D <sub>-3</sub>						0	1	1	1
3bit符号化									
硬判定	0	0	0	0	0	0	0	0	0
信頼度	1	1	0	0	1	0	0	0	0
	1	0	1	0	1	0	0	1	

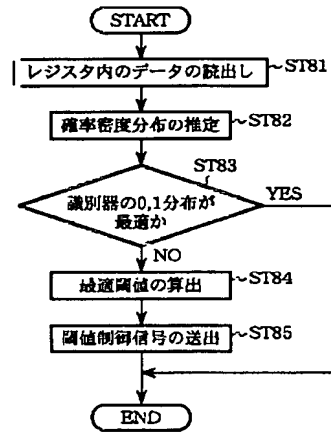




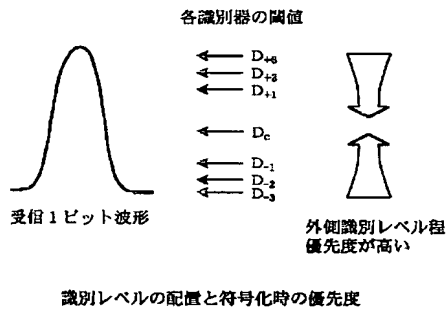
【図47】



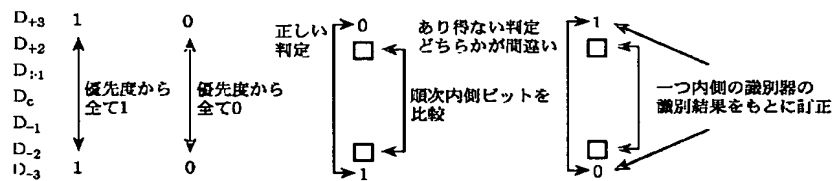
【図58】



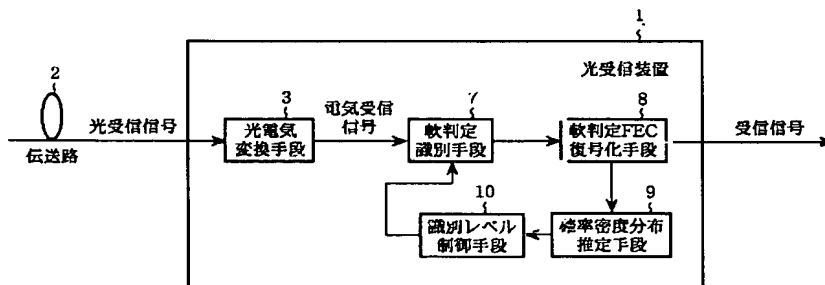
【図48】



【図49】



【図59】

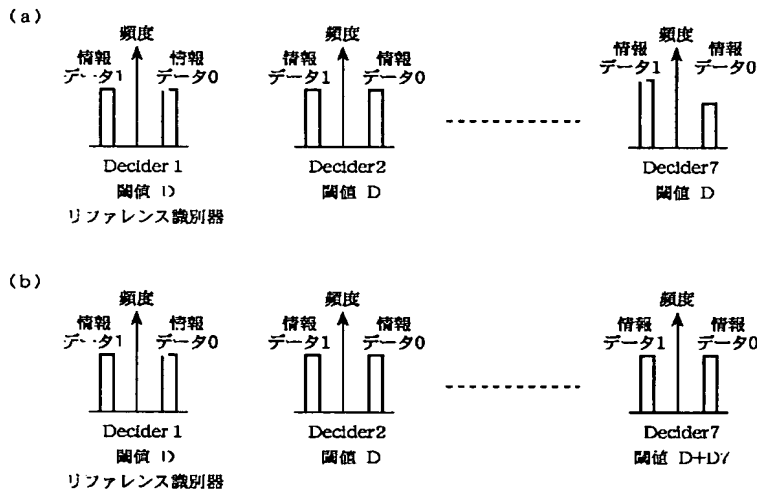


【図50】

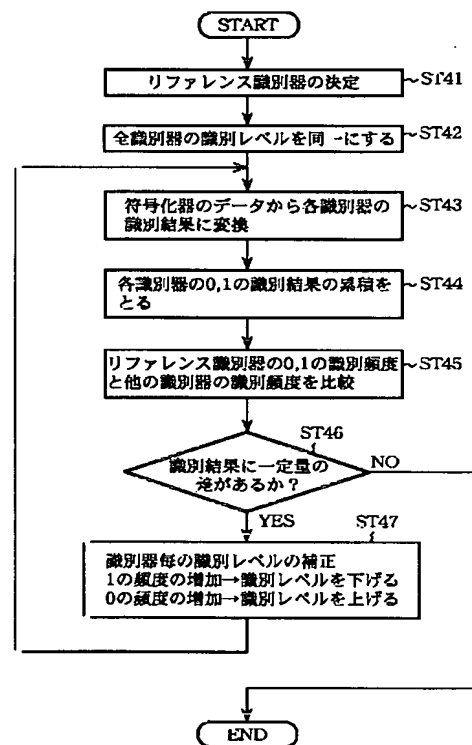
識別結果																																
D <sub>13</sub>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D <sub>12</sub>	X	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D <sub>11</sub>	X	X	X	X	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	X	X	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
D <sub>10</sub>	X	X	X	X	X	1	0	1	0	X	X	1	0	1	0	X	X	X	X	1	0	1	0	X	X	1	0	0	0	0	0	0
D <sub>9</sub>	X	X	X	X	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	X	X	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D <sub>8</sub>	X	X	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
D <sub>7</sub>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
識別結果 (3ビット符号化前)																																
D <sub>13</sub>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D <sub>12</sub>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D <sub>11</sub>	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D <sub>10</sub>	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
D <sub>9</sub>	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
D <sub>8</sub>	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
D <sub>7</sub>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3bit符号化																																
硬判定	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
信頼度	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1

X: 0,1どちらでもよい

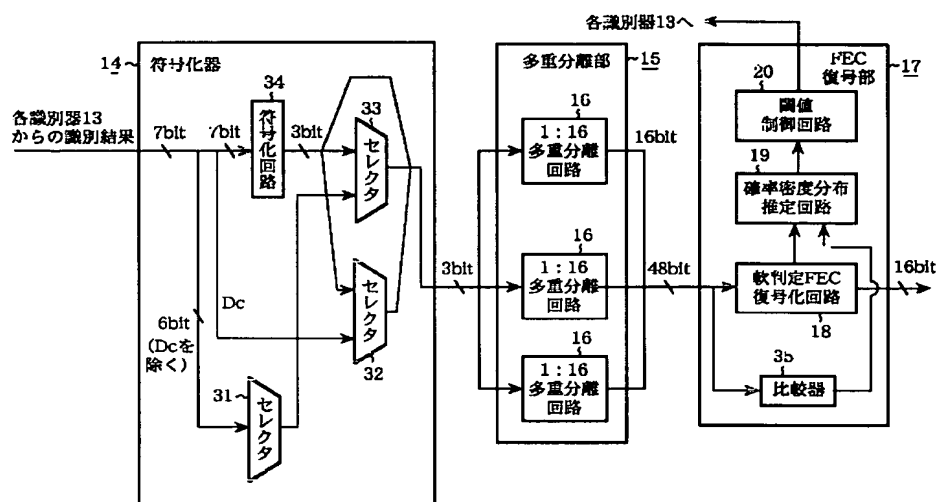
【図51】



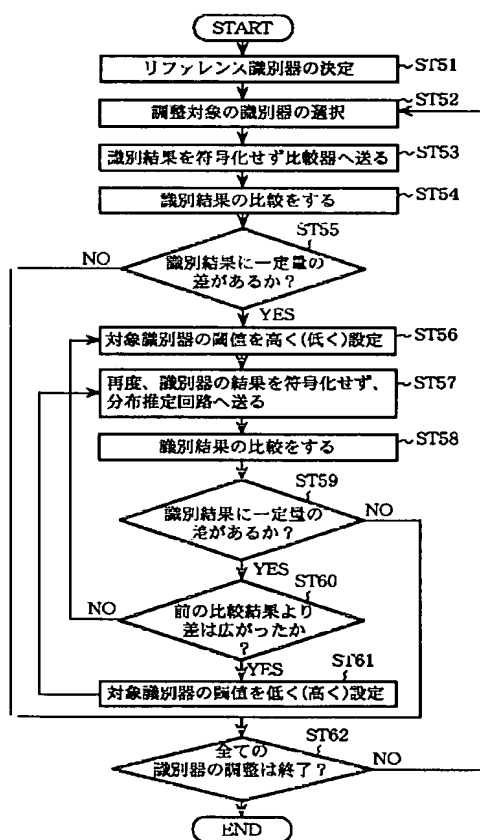
【図52】



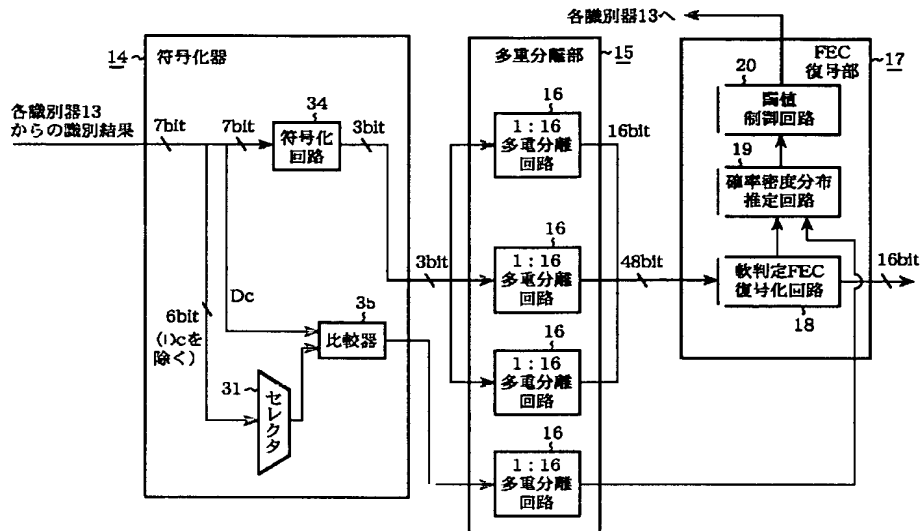
【図53】



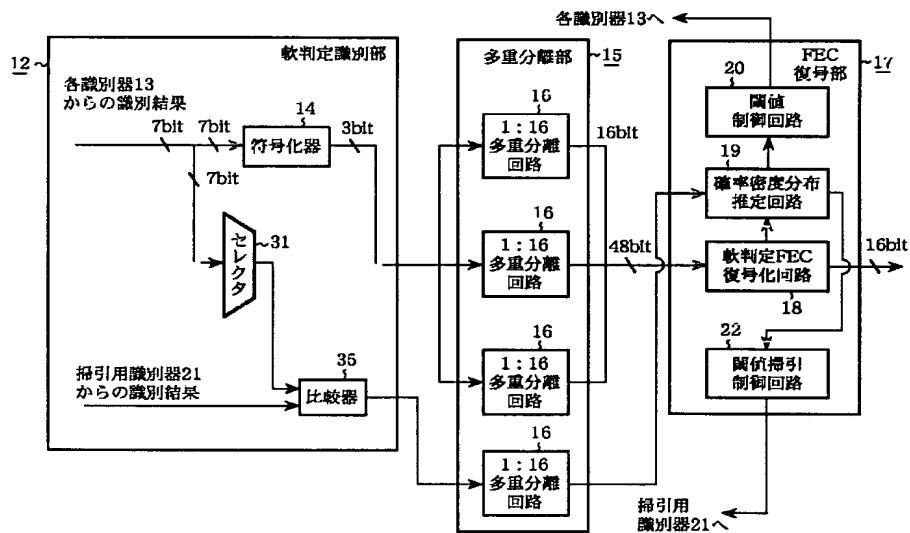
【図54】



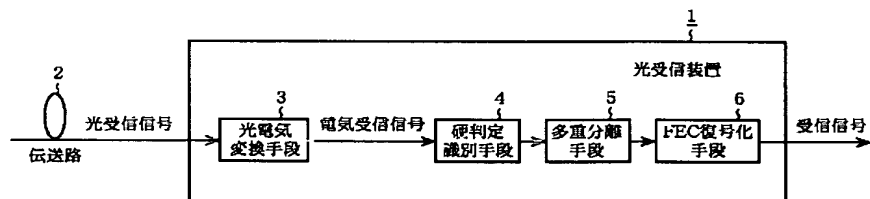
【図55】



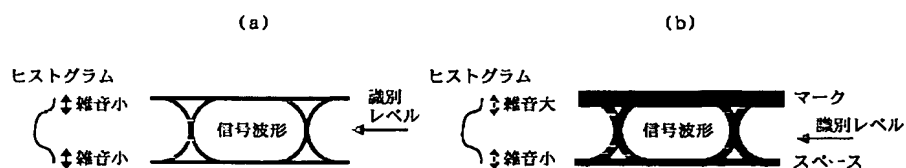
【図56】



【図60】



【図 61】




---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	(参考)
H 0 4 B 10/18			
10/26			
10/28			
H 0 4 L 25/03			
(72)発明者 水落 隆司		(72)発明者 清水 克宏	
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三	
菱電機株式会社内		菱電機株式会社内	
(72)発明者 吉田 英夫		(72)発明者 安部 淳一	
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三	
菱電機株式会社内		菱電機株式会社内	
(72)発明者 藤田 八郎		F ターム(参考) 5J065 AB01 AC02 AE00 AF01 AH09	
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三		AH13 AH14 AH19 AH21	
菱電機株式会社内		5K029 AA03 CC04 HH08	
		5K102 AA01 AA52 AA69 AD11 AH22	
		KA12 KA28 KA39 LA05 MA02	
		MB14 MC23 MC30 MH03 MH14	
		MH32 RD01 RD02 RD25	